Marine Biol.

CARDED 1940

LA

FAUNE PROFONDE

DES

LACS SUISSES

PAR

LE Dr F.-A. FOREL
DE MORGES
PROFESSEUR A L'ACADÉMIE DE LAUSANNE

MÉMOIRE COURONNÉ

PAR

LA SOCIETÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES,

LE 16 SEPTEMBRE 1884 A LUCERNE

(Tirages à part des Mémoires de la Société helvétique des Sciences naturelles, Vol. XXIX, 2e livraison. Paru en août 1885.)

En commission
chez H. Georg à Bâle, Genève et Lyon
1885.

Imprimerie Zurcher & Furrer a Zurich

SMITHSONIAN INSTITUTION
WASHINGTON 25. D.C.

QH
96
F714
1885
INVZ.

LA

FAUNE PROFONDE

DES

LACS SUISSES

PAR

LE Dr F.-A. FOREL
DE MORGES
PROFESSEUR A L'ACADÉMIE DE LAUSANNE

MÉMOIRE COURONNÉ

PAR

LA SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES,

LE 16 SEPTEMBRE 1884 A LUCERNE

SMITHSONIAN
APR 1 1957
LIBRARY

PRÉFACE.

En 1882 la Société helvétique des sciences naturelles a posé la question suivante en demandant qu'il y fût répondu au 1er juin 1884:

»Etudier la faune profonde de nos lacs en tenant compte des différentes classes d'ani»maux et des divers lacs de la Suisse.«

Des recherches qui se lient à ce sujet m'occupant depuis une quinzaine d'années, j'ai cru devoir tenter de les résumer pour répondre à la question posée; je l'ai fait dans la mesure de mes forces, en laissant de côté les points sur lesquels je ne me sens pas compétent, et en m'appuyant sur les travaux des collaborateurs, mes collègues et mes amis, qui m'ont aidé dans ces études; je l'ai fait avec d'autant plus d'empressement que depuis longtemps je sentais comme un devoir de reconnaissance de réunir en un ensemble les travaux isolés que nous avions publiés dans ce domaine, d'essayer une généralisation des points de détail que les uns et les autres nous avions découverts. A ces collaborateurs revient la plus grande part des faits nouveaux que j'aurai à décrire. Mais en présentant cet essai je demande la permission de préciser la position que j'entends garder. Quoique le plan de ce mémoire m'ait fait aborder dans son ensemble l'étude de la faune profonde des lacs, je considère mon travail comme n'étant pas autre chose qu'une introduction générale à l'étude de ce chapitre de l'histoire naturelle de notre pays.

Le sujet est très considérable, fort complexe et fort difficile; il ne peut être épuisé en une fois; il réclame et réclamera le concours de bien des naturalistes à spécialités diverses. Pour qu'un seul homme pût mener à bien l'ensemble de ces études, il faudrait qu'il jouît d'aptitudes fort différentes et presque contradictoires; il faudrait qu'il fût à la fois un batelier, un physicien et un zoologiste, qu'il sût et qu'il pût à la fois travailler dans le laboratoire de la nature et dans le cabinet du naturaliste, qu'il eût à la fois l'imagination qui invente les méthodes, l'habileté technique qui les met en jeu, la science qui en utilise les résultats, et les ressources d'une vaste érudition et d'une grande bibliothèque qui lui permissent d'en comparer les fruits. De ces facultés indispensables à l'accomplissement de sa tâche, l'auteur ne se reconnaît que celles d'un bon batelier, sachant bien son lac, et capable de l'explorer; et encore, pendant cinq des quinze dernières années, a-t-il été retenu loin du lac par un accident désagréable, qui l'a, pour ces études, autant paralysé que l'aurait fait une maladie.

Ce ne sont donc que les grandes lignes du sujet qui ont pû être esquissées dans ce premier essai de généralisation; les études de détail, et spécialement les études zoologiques proprement dites, sont restées beaucoup trop incomplètes. Mais pour que nos successeurs puissent pousser en avant leurs travaux avec fruit, il leur est nécessaire de connaître les problèmes résolus, les problèmes qui attendent leur solution, et les résultats auxquels se sont arrêtés leurs devanciers. C'est à résumer ces recherches préliminaires que je me suis appliqué.

Quels sont les résultats obtenus? Que reste-t-il encore à faire? Voici, me semble-t-il, où nous en sommes:

Nous connaissons à peu près suffisamment le milieu dans lequel vivent les animaux de la faune profonde; le résumé que je puis donner des conditions physiques de la région me paraît suffisant pour des études de biologie; ce n'est pas à dire qu'il ne puisse pas être fort avantageusement complété sur quelques points, en particulier sur les questions de température et de composition chimique des eaux des divers lacs. En fait de sociétés animales alliées à la faune profonde, nous connaissons à peu près suffisamment la faune pélagique des lacs; mais la faune littorale est encore trop peu étudiée. Sous prétexte que c'est la faune aquatique classique, celle qui partout et toujours a été l'objet des études des zoologistes, sous prétexte qu'elle doit être connue, cette faune a été beaucoup trop négligée. Nous sommes incapables d'établir pour les divers lacs de la Suisse la liste des espèces littorales. Quant à la faune des eaux souterraines de la Suisse elle est encore absolument inconnue. Des travaux dans ces directions s'imposent avec un caractère d'urgence aux naturalistes de notre pays.

Pour ce qui concerne la faune profonde elle-même, nous en avons acquis une première orientation, nous avons jeté sur elle un premier coup d'œil général. Nous savons qu'elle existe dans tous les lacs, et qu'elle a partout à peu près les mêmes traits d'ensemble.

Nous avons une liste approximative des espèces que quelques coups de drague ont pêchées dans la plupart des lacs suisses. Ces listes doivent être complétées et vérifiées; elles doivent surtout être précisées. Des déterminations spécifiques rigoureuses sont nécessaires pour un grand nombre de formes, qui sont insuffisamment indiquées. Enfin le grand travail, qui est à peine ébauché pour une ou deux espèces seulement, qui s'offre à nos zoologistes en leur promettant une foule de découvertes importantes, c'est l'étude attentive et complète de chacune des espèces de la région profonde, dans chacun des lacs Suisses. Il y aurait pour chaque espèce à déterminer, dans chaque lac, la différenciation progressive de l'espèce abyssicole; que la forme originale vienne du littoral ou bien des eaux souterraines, il y aurait à la suivre dans ses modifications jusqu'à la forme profonde à son maximum de différenciation, il y aurait pour chaque espèce abyssicole à reconnaître les diverses variétés, qui se sont différenciées isolément et chacune pour son compte, dans les divers lacs de la région. Il y a là un champ considérable d'études qui ne peuvent être menées à bien que par des spécialistes, disposant de beaucoup de temps et de

patience. La mine est riche; elle promet une abondante récolte de découvertes interessantes.

Je ne parle pas des questions générales ou spéciales qui s'offrent en foule au naturaliste; j'en ai indiqué quelques-unes, il en reste bien plus encore à résoudre; questions de physiologie, de zoologie systématique, de morphologie, questions de phylogénie ou d'ontogénie, chaque naturaliste verra se poser devant lui les problèmes qui s'attaqueront à sa curiosité. On le voit la tâche est encore grande et le travail n'est qu'à peine commencé. C'est à titre d'*introduction générale* à cette étude, c'est dans l'espoir d'engager de nombreux zoologistes à suivre à ces recherches très fructueuses et très importantes; c'est avec l'idée de les aider en les orientant sur les conditions générales du milieu, en leur rappelant ce qui est connu et par conséquent ce qu'il reste à connaître, que je me suis permis de soumettre les pages suivantes à la Societe helvétique des sciences naturelles.

— Un mot encore sur un détail du plan de mon travail. La Suisse n'est point un pays délimité au point de vue de l'histoire naturelle. J'ai trouvé utile de réunir à notre Suisse proprement dite les contrées voisines, la Savoie et l'Insubrie; je les ai groupées sous le nom de région Subalpine centrale. Quant aux lacs du Jura, qui auraient été laissés en dehors par cette délimitation du sujet, j'en donne un exemple à la fin du mémoire; j'esquisse la faune profonde du lac de Joux dans un paragraphe qui traite des lacs étrangers à notre région Subalpine.

VOCABULAIRE

des termes locaux ou peu usités et des néologismes.

Abyssal (région abyssale, faune abyssale) qui appartient à la région profonde.

Abyssicole (animal abyssicole) qui habite dans la région profonde.

Beine, partie du littoral formant une plaine horizontale qui s'étend depuis le bas de la grève submergée jusqu'au bord du Mont.

Cavicole (animaux cavicoles) qui habite les cavités souterraines, les cavernes, les puits.

Eau bleue. Partie du lac où l'œil ne distingue plus le fond, et ne voit plus que la couleur propre de l'eau, d'un bleu pur dans le Léman et quelques autres, d'un bleu vert, d'un vert bleu, ou d'un vert plus ou moins pur dans les autres lacs.

Limicole (animaux limicoles) qui habite le limon.

Mont, talus incliné du lac, en avant de la beine.

Relégué (faune reléguée, espèces reléguées) se dit des espèces marines abandonnées dans des golfes lesquels ont été séparés de la mer et se sont transformés en lac. A mesure que l'eau a perdu sa salure les formes marines se sont transformées en formes d'eaux douces. (*Relictenfauna* des Allemands, *fauna relegata* des Italiens.)

Ténevière, monticule de galets au milieu de la beine. Quelques-unes des ténevières sont naturelles, elles sont l'indice d'anciennes grèves aujourd'hui submergées; d'autres sont artificielles, elles sont formées par les ruines des cités lacustres. (*Steinberg* des Allemands.)

TABLE DES MATIÈRES.

Préface III
Vocabulaire des termes locaux et des néologismes VI
Table des matières VII

Introduction 1
Chap. I. Données géographiques . . . 4
Chap. II. Conditions de milieu 8
§ 1. Pression 8
§ 2. Mouvements de l'eau 10
A. Vagues 10
B. Courants 12
§ 3. Température 15
Congélation des lacs 25
§ 4. Lumière 26
A. Rayons lumineux 27
Intensité de la lumière 27
Couleur de la lumière 32
B. Rayons actiniques 33
§ 5. Composition chimique de l'eau . . . 35
Léman, matières dissoutes 35
Matières organiques 40
Gaz dissous 41
Eau des profondeurs, matières dissoutes 42
Matières organiques 43
Gaz dissous 43
Eau des autres lacs suisses 45
§ 6. Poussières aquatiques 48
§ 7. Relief du fond des lacs, généralités . . 49
Détails du relief des divers lacs . . 51
§ 8. Nature du sol du fond des lacs . . . 55
Détails sur le sol des divers lacs . . 57
Généralités 61
Classification des sols 62
§ 9. Résumé 63
§ 10. Limites de la région profonde . . . 64
§ 11. Influence de la grandeur du lac sur les conditions de milieu 68

Chap. III. Les faunes et les flores superficielles 69
§ 1. La flore littorale 69
§ 2. Poissons 75
§ 3. La faune littorale du lac Léman . . 78
La faune littorale des autres lacs . . 82
§ 4. La flore pélagique 85
§ 5. La faune pélagique 88

Chap. IV. La faune profonde et la région profonde 91
§ 1. Généralités 91
§ 2. Appareils de draguage 96
§ 3. Triage du matériel 98
§ 4. Feutre organique . , ... 100
§ 5. Flore profonde 102
§ 6. Faune profonde du lac Léman 106
I. Vertébrés. Poissons 106
II. Arthropodes 107
1. Insectes 107
2. Arachnides 107
Hydrachnides 107
Acarides 111
Tardigrades 111
3. Crustacés 112
Amphipodes 112
Isopodes 113
Cladocères 114
Ostracodes 115

Copépodes 117
Siphonostomes 117
III. Mollusques 118
1. Gastéropodes 118
2. Lamellibranches 120
IV. Vers 121
1. Hirudinés 121
2. Chétopodes 122
3. Nématoïdes 123
4. Cestoïdes 124
5. Trématodes 124
6. Turbellariés 124
7. Bryozoaires 128
8. Rotateurs 129
V. Coelentérés 130
VI. Protozoaires 130
Résumé 132
§ 7. La faune profonde des autres lacs Subalpins 133
Lac du Bourget 133
Lac d'Annecy 134
Lac de Neuchâtel 135
Lac de Bienne 135
Lac des IV-Cantons 135
Lacs de Zoug, de Walenstadt et d'Egeri 136
Lacs du Klönsée et de Zurich 137
Lacs de Pfäffikon, de Greifensee, de Constance et de Zell 138
Lacs de Sils, de Silvaplana et Majeur . 139
Lacs de Lugano et de Côme 140
Résumé 140
§ 8. Débris organiques divers 141
§ 9. Densité de la population animale dans la région profonde 144
Chap. V. Considérations générales. Problèmes spéciaux, résumés et conclusions 146
§ 1. La faune profonde 146
§ 2. Genèse de la faune profonde 149
§ 3. Habitabilité des grands fonds des lacs . 158
§ 4. Modifications subies par les espèces de la faune profonde 166
§ 5. Résumé 169
§ 6. Animaux de la faune profonde originaires de la faune des eaux souterraines 170
§ 7. Espèces ou variétés ? 183
§ 8. Alimentation de la faune profonde . . 185
§ 9. Différences locales de la faune profonde 189
§ 10. Variations de la faune profonde . . . 191
§ 11. Questions spéciales intéressant certaines espèces 192
Chironomides 192
Hydrachnides, Crustacés 195
Limnées 196
Pisidiums 198
Saenuris velutina 202
Mermis aquatilis 202
Turbellariés 203
§ 12. Espèces absentes de la faune profonde 205
§ 13. Comparaison avec la faune profonde marine 208
§ 14. Géographie zoologique 211
§ 15. Faune profonde des lacs en dehors de la région subalpine centrale 215
Lac Starnberg 215
Lac de Joux 217
Lac de Garde 218
Lacs Scandinaves 219
Lac Goktschaï 219
Lac de Tibériade 221
Lac Baïkal 221
Lac Michigan 222
Lac Titicaca 223
Résumé 223
§ 16. Résumé et conclusion 224
Notes bibliographiques 229

Introduction.

Le sujet de ce travail étant « l'étude de la faune profonde des lacs de la région Subalpine centrale», je dois avant tout définir ce que c'est qu'un lac, ce qu'est sa faune profonde, ce que j'entends par région Subalpine centrale.

Littré appelle lac « un grand espace d'eau enclavé dans l'intérieur des terres ». Suffisante peut être à d'autres points de vue, cette définition, qui renferme la notion d'étendue nécessaire pour séparer le lac de l'étang et du puits, ne contient pas la notion de profondeur qui séparerait le lac du marais. Pour l'étude que nous allons entreprendre je définirerai le lac : « Bassin d'eau, vaste et profond, enclavé dans l'intérieur des terres ».

Au point de vue géographique je bornerai mon étude à la région Subalpine centrale. Je désigne par le nom de région *Subalpine* tout le pays autrefois recouvert par les glaciers alpins de l'époque glaciaire; en raison de ce fait, il a reçu et gardé des caractères géologiques, pétrographiques, hydrographiques, biologiques et pittoresques assez spéciaux pour mériter une appellation distincte. Je ne m'occuperai que de la région Subalpine *centrale*, en prenant pour extrêmes limites les lacs du Bourget, de Constance et de Côme.

Au point de vue biologique nous distinguons dans un lac trois régions:

La région *littorale* qui s'étend le long des bords.

La région *profonde* qui occupe tout le fond du lac.

La région *pélagique* [1] qui comprend tout le reste du lac, la masse centrale et superficielle des eaux.

Cette division, qui est valable pour la plupart des points de vue sous lesquels on peut étudier les lacs, est surtout applicable à ce qui regarde les populations animales et végétales. Les habitants des lacs se répartissent entre les *faunes* et *flores littorales*, *pro-*

---

[1] J'emploie, après P. E. Müller, le mot *pélagique* en l'appliquant aux lacs d'eau douce dans l'acception du mot πελαγος, haute mer, ce qui est éloigné des côtes, ce qui n'est pas la région littorale.

fondes (1) et *pélagiques*. Nous verrons que cette division est parfaitement naturelle, que les groupes d'animaux et de plantes qui les composent sont nettement séparés les uns des autres (2). La légitimité de cette distinction ressort du reste parfaitement des conditions de milieu dans lesquelles les animaux et les plantes sont appelés à vivre. Un premier résumé de ces conditions de milieu fera bien voir les différences importantes qui les divisent.

1° La *région littorale* s'étend tout autour du lac, depuis la grève jusqu'à une profondeur de 15 à 25 m. environ; sa largeur est variable avec l'inclinaison des talus. Les conditions de milieu sont: Profondeur faible; pression peu considérable; température soumise à des variations périodiques diurnes et annuelles, et à des variations accidentelles irrégulières; lumière abondante; grande agitation de l'eau par le fait des vagues et des courants; sol très-différent d'une localité à l'autre, depuis les rochers aux galets, aux sables, au limon, à la vase; nourriture abondante dans une eau chargée de poussières organiques; flore riche et variée. Dans ces conditions de milieu, fortement mouvementées et très-diversifiées, vit une faune abondante en espèces et en individus, la faune lacustre classique, la seule que l'on connût il y a vingt ans. Cette faune, très-différente d'une station à l'autre suivant la nature du sol et les conditions topographiques, présente entr'autres les caractères généraux suivants: Elle est composée d'animaux de grande taille, robustes, bien nourris, fortement pigmentés, sachant résister au mouvement de l'eau, soit en se fixant aux corps solides, soit en s'abritant dans des cachettes.

2° La *région pélagique* occupe la masse principale du lac, en avant de la région littorale, en plein lac, depuis la surface jusqu'à la couche d'eau immédiatement en contact avec le sol, laquelle appartient à la région profonde. Les conditions de milieu sont les suivantes: Profondeur variable; pression augmentant avec la profondeur; température et lumière diminuant quand la profondeur augmente; les mouvements de l'eau, très-violents encore à la surface, sont nuls dès quelques mètres de profondeur; l'eau est presque pure et la nourriture très-pauvre; la flore est très-réduite.

Dans ces conditions vit la faune pélagique, découverte dans les lacs scandinaves, vers 1860, par Lilljeborg et Sars, et constatée dans nos lacs Suisses par P. E. Müller en 1868 (I) (3). Elle comprend un petit nombre d'espèces de Poissons, Entomostracés, Rotateurs et Protozoaires. Les Entomostracés spécialement sont modifiés par le milieu et présentent les caractères essentiels des animaux pélagiques. Ils sont nageurs, n'ont aucun organe

---

(1) J'emploie le terme *faune profonde* par ellipse, pour faune de la région profonde.

(2) La distinction que j'avais établie dès mes premiers travaux (LXXVIII) a été adoptée par le professeur A. Weismann de Fribourg en Brisgau, et ces diverses sociétés animales ont été fort bien caractérisées dans l'excellente conférence qu'il a publiée en 1877: „La vie animale dans le lac de Constance" (LXIV).

(3) Les renvois à l'index bibliographique, que l'on trouvera à la fin du mémoire, sont indiqués par des chiffres romains, entre parenthèses.

de fixation sur les corps solides ; ils sont absolument transparents; ils ont des mœurs crépusculaires et se tiennent toujours à la limite de la lumière; pour cela, ils émigrent dans le jour vers la profondeur, et ne viennent qu'à la nuit nager près de la surface (II).

3°. La *région profonde* comprend le sol même du lac, au-delà de la région littorale, et la couche d'eau qui lui est immédiatement susjacente. Le sol est formé par un limon marneux très-fin, sans aucun corps solide autre que ceux qui tombent accidentellement de la surface ; la profondeur est plus ou moins considérable, suivant la station ; la pression augmente de la valeur d'une atmosphère par chaque dix mètres d'eau; la température est basse et pour ainsi dire invariable; la lumière nulle ; l'agitation de l'eau nulle ; la nourriture est peu abondante; la flore est très-amoindrie ou nulle.

Dans ce milieu vit une faune relativement assez nombreuse, que j'ai découverte en 1869, et qui fera l'objet de ce mémoire. Je donnerai plus loin l'énumération des espèces, je décrirai les caractères généraux des animaux qui la composent, j'en rechercherai l'origine.

Mais avant d'en venir à ces études spéciales je dois faire deux études préliminaires. Je devrai tout d'abord considérer attentivement le milieu, les conditions physiques, chimiques, topographiques, géographiques de la région profonde, afin de bien établir les conditions de vie, qui entourent les animaux dont nous avons à nous occuper. En second lieu je devrai donner un aperçu des faunes littorales et pélagiques, avec lesquelles la faune profonde se partage le domaine du lac, avec lesquelles elle a probablement des rapports d'origine. Mon plan sera donc le suivant :

Je diviserai mon travail en cinq chapitres :

Chapitre premier: Données géographiques.
Chapitre second: Conditions de milieu.
Chapitre troisième: Faunes et flores superficielles.
Chapitre quatrième: La faune profonde.
Chapitre cinquième: Considérations générales, problèmes spéciaux, résumés et conclusions.

Chapitre I. Données géographiques.

Je vais résumer les données géographiques qui caractérisent les lacs de la région Subalpine; je choisirai uniquement celles qui présentent un intérêt au point de vue faunistique. Ce sont:

1° La *position géographique* dans les diverses vallées au nord ou au sud des Alpes; elle intéresse la faune par le fait des facilités plus ou moins grandes des migrations animales, venant de l'une ou de l'autre des plaines qui entourent notre région Subalpine.

2° La *latitude* offre de l'intérêt au point de vue de la température; plus le lac est dans une région méridionale plus, cæteris paribus, la température y est élevée.

3° L'*altitude* de la nappe supérieure d'un lac a de l'importance pour la faune, de deux manières: — Au point de vue de la température; plus l'altitude est élevée, plus la température des eaux est froide, plus, en particulier, dure la période de congélation qui agit à tant de titres divers sur les habitants des eaux. — En second lieu, l'altitude a une grande influence sur le plus ou moins de facilités des migrations actives et passives; les lacs de plaine sont en relations beaucoup plus faciles et plus fréquentes que les lacs des montagnes avec les eaux des pays environnants; les migrations animales sont relativement fort entravées dans les lacs de montagne.

4° La *superficie*, soit l'étendue en surface, joue un grand rôle au point de vue des mouvements des eaux. Plus le lac est vaste, plus les vagues et courants y sont énergiques.

5° La *profondeur* est le facteur le plus important dans les études que nous allons faire; c'est même un facteur tellement prédominant que je voudrais pouvoir pour chaque lac donner la description complète du relief du bassin. J'entrerai dans quelques détails à ce sujet dans le chapitre suivant; je me borne à indiquer ici la profondeur maximale. La profondeur joue le rôle déterminant pour la pression, la température, la lumière, les mouvements des eaux, les migrations dès la surface, etc.

6° Le *volume* du lac, soit la masse d'eau contenue dans le bassin, a de l'intérêt à deux points de vue:

a) pour la composition chimique des eaux. Plus le volume d'eau est considérable, plus la composition chimique des eaux est invariable; en effet la même quantité de matières étrangères, apportées par les affluents, se dilue d'autant plus que la masse d'eau est plus grande, et les variations accidentelles de ce chef diminuent d'autant.

b) pour la taille des animaux, laquelle est en certains rapports avec les dimensions du vase qui les renferme.

Je ne suis pas en état de donner le volume exact des lacs suisses. Pour plusieurs lacs la carte hydrographique n'est pas encore faite, et les bases mêmes du calcul font défaut; pour les autres, dont nous possédons les cartes avec courbes horizontales équidistantes, j'aurai pu consacrer à cette besogne ingrate le temps fort long qu'exigerait un calcul exact; mais les chiffres obtenus ainsi n'auraient pas été comparables avec ceux des lacs pour lesquels les cartes nous manquent. Je préfère me borner à indiquer une valeur approximative, calculée pour tous de la même manière. Je suppose que les lacs sont des cônes à base irrégulière, et j'en tire le volume en multipliant la superficie, qui est la base du cône, par le tiers de la profondeur. Je sais que ce chiffre est très-loin d'être exact; il doit être en général trop faible, car le fond des lacs est le plus souvent une plaine très-aplatie. Mais le degré d'exactitude auquel nous arrivons doit suffire pour les comparaisons que l'on peut être appelé à faire dans cet ordre de recherches.

J'ai essayé de me rendre compte du degré d'exactitude de ce calcul, et cela dans trois exemples:

Pour le Léman j'ai calculé, d'après la carte hydrographique de La Bêche, (XXVI) le volume approximatif du lac, et l'ai trouvé être de 68,840 millions de m^3. Si ce chiffre était exact (et il est trop faible car H. de la Bêche n'avait trouvé qu'une profondeur de 300 m., tandis que la profondeur maximale est de 334 m.), le volume, calculé comme je l'ai dit, serait les 0.93 de la valeur réelle.

Pour le lac de Morat j'ai calculé le cube exact d'après la carte hydrographique à courbes horizontales donnée dans les feuilles 312, 313, 314 et 315 de l'Atlas de Siegfried. Je suis arrivé à 596 millions de m^3. En supposant au lac la forme d'un cône, je lui trouve un volume de 438 millions de m^3., ce qui n'est que 0.75 de la valeur réelle.

Pour le lac de Walenstadt j'ai calculé le cube approximatif, d'après la carte hydrographique à courbes horizontales, donnée dans la feuille 250 de l'Atlas Siegfried. Je suis arrivé à 2209 millions de m^3. En supposant au lac la forme d'un cône je lui trouve un volume de 1165 millions de m^3., ce qui n'est que 0.53 de la valeur réelle.

D'après ces trois exemples, l'approximation obtenue, en supposant pour le volume des lacs celui d'un cône, est assez éloignée; elle varie de 0.53 à 0.93 de la valeur réelle.

7° La *superficie du bassin d'alimentation* a de l'intérêt au point de vue de la constance de la composition chimique des eaux; en effet plus le bassin d'alimentation est considérable, plus grand est le débit total des affluents, plus rapide est le renouvellement de l'eau dans la masse du lac. Un grand fleuve, qui traverse un lac de petit volume, doit faire sentir à celui-ci, d'une toute autre manière, ses variations de composition annuelles ou accidentelles, qu'un petit fleuve qui se verse dans un grand lac, et y perd pour longtemps son individualité et ses variations accidentelles ou normales.

J'indique ici en tableau ces données géographiques pour tous les lacs de la région Subalpine dont la région profonde a jusqu'à présent été explorée. Je ne donne pas en détail les sources, d'où j'ai tiré ces chiffres. La plupart viennent des atlas topographiques

fédéraux, des observations hydrométriques suisses, des communications obligeantes de mes amis ou de mes recherches personnelles. Ils expriment l'état de nos connaissances en février 1884.

	Lac	Région	Latitude	Altitude	Superficie	Profondeur maximale	Volume approximatif	Superficie du bassin d'alimentation
				m.	Kil.²	m.	millions de m³	Kil.²
1	Bourget	Savoie	45°.45'	235	41	115	1572	400 (?)
2	Annecy	id.	45 .50	446	27	62	558	280
3	Léman	Plateau suisse	46 .27	375	577.8	334	64328	7995
4	Morat	id.	46 .56	435	27.4	48	438	779
5	Neuchâtel	id.	46 .54	435	239.6	153	12219	2620
6	Bienne	id.	47 .5	434	42.2	78	1097	3057
7	Brienz	Alpes bernoises	46 .44	566	30.0	260	2600	1134
8	Thoune	id.	46 .42	560	47.9	217	3465	2451
9	IV-Cantons	Alpes centrales	47 .0	437	113.4	214	8089	2254
10	Zoug	id.	47 .7	417	38.5	218	2898	254
11	Egeri	id.	47 .9	726	7.0	120	280	
12	Walenstadt	id.	47 .7	425	23.3	151	1165	1050
13	Klönsée	id,	47 .2	804	1.2	27	11	
14	Zurich	Plateau suisse	47 .16	409	87.8	143	4185	1815
15	Pfäffikon	id.	47 .21	541	3.2	36	38	
16	Greifensée	id.	47 .21	439	8.4	34	95	
17	Constance (Bodan)	id.	47 .35	398	467	276	42964	10845
18	Zell (Untersée)	id.	47 .43	397	61	46	943	11419
19	Sils	Alpes grisonnes	46 .25	1796	3.6	73	88	
20	Silvaplana	id.	46 .27	1794	2.7	77	70	
21	Majeur (Verbano)	Insubrie	46 .0	197	214.3	375	26787	6548
22	Lugano (Ceresio)	id.	46 .6	271	50.5	279	3696	
23	Côme (Lario)	id.	46 .0	213	156	414	21528	

Dans les faits géographiques qui peuvent avoir de l'intérêt pour la faune profonde des lacs, j'ai encore à citer, mais sans entrer dans des détails spécifiés:

1° La nature pétrographique du bassin d'alimentation, qui, suivant qu'il est plus ou moins calcaire ou plus ou moins siliceux, envoie aux lacs des eaux de composition chimique ou des sédiments inorganiques fort différents. Les différences que nous signalerons plus loin, soit dans les eaux soit dans le sol des divers lacs, proviennent essentiellement de ce facteur.

2° Les affluents sous-lacustres. Outre les fleuves, rivières et ruisseaux, qui apportent d'une manière évidente leur tribut aux lacs, il existe un nombre plus ou moins considérable d'affluents souterrains, qui viennent sourdre dans le lit même des lacs; de même que les sources surgissent à l'air dans le sol émergé, de même ces eaux souterraines, qui circulent dans le sol, peuvent venir sourdre sous la nappe des eaux. De telles sources sous-lacustres sont difficiles à constater; les pêcheurs en devinent parfois l'existence en voyant le poisson se rassembler pour y prendre un bain d'eau fraîche, ou d'eau tiède, suivant la saison. Mais, quelle que soit la difficulté de leur constatation, il est évident qu'elles peuvent exister. Je n'en connais aucune de bien certaine dans le lac Léman; en étudiant les beaux travaux hydrologiques faits sur le Jura Neuchâtelois par le prof. A. Jaccard du Locle, travaux en grande partie encore inédits, je vois que, pour le lac de Neuchâtel, l'existence de telles sources est soupçonnée par nombre d'observateurs, mais que leur démonstration n'a pas été faite directement. L'abaissement récent des eaux du lac, par suite de la correction des eaux du Jura, n'a mis au jour sur les grèves que quelques sources très-peu importantes, jaillissant des crevasses du calcaire jaune. En revanche, dans le petit lac des Taillières près de la Brévine, Jaccard démontre l'existence d'affluents sous-lacustres; ce lac n'a pas d'affluents visibles, et cependant il en sort constamment un ruisseau qui débite plusieurs mètres cubes à la minute (III). Puis, dans le lac des Brenets ou de Chailleron, Jaccard a vu, pendant les basses eaux de 1870, apparaître une source considérable, véritable rivière qu'il estime amener au Doubs les eaux du bassin du Locle, en particulier celles qui disparaissent dans les fissures souterraines des moulins du Col des Roches (IV).

Quoiqu'il en soit, l'existence de sources sous-lacustres venant sourdre dans le domaine des eaux est tellement probable, que nous pouvons les considérer comme certaines, et les utiliser dans la discussion des rapports possibles entre certains animaux de la faune profonde et ceux de la faune des eaux souterraines.

3° L'émissaire des lacs est le plus souvent un fleuve coulant à l'air libre. Mais dans certains cas l'écoulement se fait par des canaux souterrains, comme, par exemple, le lac de Joux; les eaux en sortent par les célèbres entonnoirs, entr'autres par ceux de Bonport qui donnent naissance à la source de l'Orbe près de Vallorbes; il est probable aussi que d'autres entonnoirs du lac de Joux sont l'origine de la source du Doubs près de Mouthe. Dans d'autres cas une cascade ou des rapides, tels que la chute du Rhin près de Schaffhouse, ou la perte du Rhône près de Bellegarde, interrompent plus ou moins complètement le cours régulier du fleuve.

Ces accidents sont des obstacles, souvent absolus, aux migrations des animaux aquatiques, et peuvent expliquer l'absence de certaines espèces, des Poissons migrateurs par exemple, dans les lacs ainsi isolés à ce point de vue des autres bassins d'eau douce.

Chapitre II. Conditions de milieu.

Après avoir dans le chapitre précédent résumé les faits géographiques qui donnent à nos lacs leurs caractères spéciaux, nous allons étudier les conditions de milieu, telles qu'elles existent dans la région profonde de chaque lac, de manière à bien déterminer les conditions de vie, qui sont faites aux animaux que nous y trouverons. Nous les étudierons d'abord dans le lac Léman, où elles nous sont le mieux connues; puis nous indiquerons, autant que nous les savons, les différences, qui caractérisent les divers lacs.

Les conditions de milieu sur lesquelles nous insisterons, sont les suivantes:

Pression.
Mouvements de l'eau; vagues, courants.
Température.
Lumière et actinisme.
Pureté de l'eau. Poussières aquatiques.
Composition chimique. Substances et gaz dissous.
Relief du bassin.
Nature du sol.

§ I. Pression.

La pression augmente avec la profondeur. A la surface de l'eau elle est égale à la pression de l'atmosphère au dessus du point considéré; elle s'accroît, dans la profondeur, d'une atmosphère par chaque 10 m. d'eau.

Si nous admettons qu'à la surface de la mer la pression moyenne de l'atmosphère soit de 760 m/m. de mercure, la valeur d'une atmosphère sera représentée par un poids de 1033 gr. par c/m². carré de surface, ou par une colonne de 10.33 m. d'eau à 4° C.; autrement dit, chaque 10 m. de profondeur d'eau douce augmente la pression de 0.97 d'atmosphère (1).

Le Léman ayant 334 m. de profondeur maximale, la pression y est, dans son point le plus profond, de 33.05 + 1 atmosphères, soit 34 atmosphères; ce qui, exprimé d'une autre manière, se traduit ainsi par centimètre carré:

(1) La différence de densité résultant de différences de la température ne modifie pas sensiblement ce chiffre. L'eau de la surface, qui a en été 20° de température, est un peu plus légère, et il faut une épaisseur de 10.35 m. au lieu de 10.33 m. pour représenter la valeur d'une atmosphère. Il n'y a pas lieu de tenir compte ici d'une différence aussi minime.

Pression de l'eau, 334 m. d'épaisseur 33,400 gr.
Pression de l'atmosphère 729.4 m/m. de mercure 992 »
soit 34.4 kilogrammes par centimètre carré.

Cette pression subit des modifications tenant à deux causes:

a) Aux variations de la pression atmosphérique. Ces variations sont, dans nos contrées, d'après les observations de Genève (IX), limitées à 46 m/m. de mercure, soit 0.06 de la pression totale de l'atmosphère, soit 62 gr. par c/m².

b) Aux variations de la profondeur d'eau. Nos lacs subissent une variation annuelle qui modifie sensiblement la hauteur des eaux; ces variations de la profondeur ont une grande importance pour la région littorale; mais leur effet est nul, ou presque nul, sur la région profonde: il ne se traduit que par des différences de la pression, à raison de 0.10 atmosphère, ou de 103 gr. par centimètre carré, pour chaque mètre de différence de hauteur d'eau.

L'amplitude moyenne de cette variation annuelle est sur le lac de Léman de 1.54 m., causant une variation de pression de 0.15 atmosphère, ou de 159 gr. par c/m².

Entre les plus hautes et les plus basses eaux connues du lac Léman, il y a une différence de 2.66 m. faisant une variation de 0.25 atmosphère, soit de 274 gr. par c/m².

Les variations de hauteur sont beaucoup plus considérables sur d'autres lacs. Voici quelques chiffres à moi connus:

Lac de Constance	Amplitude de variation	3.9 m.	(Honsell).
Lac du Bourget	» » »	3 m.	(Forel).
Lac de Côme	» » »	4 m.	(Reclus).
Lac Majeur	» » »	7 m.	(Reclus).

Pour le lac Majeur, une variation de 7 m. de hauteur représente une variation de 0.67 atmosphère ou de 723 gr. par c/m².

L'importance relative de ces variations dans la pression, aussi bien de celle de l'atmosphère que de celle des eaux, est presque nulle aux grandes profondeurs, car elles ne représentent qu'une fraction très-faible de la pression totale. Cette importance augmente à mesure que la profondeur est moindre. Prenons comme exemple le lac Majeur, où les variations de hauteur sont les plus fortes et atteignent 7 m. d'eau: admettons que la limite supérieure de la région profonde soit à 25 m. A cette profondeur la pression totale de l'eau et de l'atmosphère est de 3600 gr. par c/m².

La variation de pression atmosphérique de 62 gr. représente 0.02,
» » » » de l'eau de 723 » » 0.20
de la pression totale.

Cette fraction est assez importante.

Mais, quand nous traiterons de la physiologie des animaux lacustres, nous verrons combien peu d'effet ont les variations de la pression.

Les vagues enfin font varier la hauteur de l'eau, qui presse sur le fond du lac; ce changement est fort rapide, car les plus longues vagues du Léman, le plus grand de nos lacs, n'ont pas plus de 5 secondes de durée. Admettons que ces vagues aient une hauteur totale de 1 m., du sommet de la crête au fond du creux. Cela représente une variation de pression de 0.1 atmosphère, ou de 103 gr. par c/m². Cette variation qui est considérable pour la région littorale, soumise à une pression relativement faible, ne fait plus, dans la région profonde, qu'une fraction bien minime de la pression totale. A 25 m. de profondeur cela ne représente plus que 0.03 de la pression totale.

§ II. Mouvements de l'eau.

Les mouvements de l'eau ont tous leur origine à la surface; ils se propagent dans la profondeur, mais en diminuant d'intensité. Nous ne parlerons ici que des vagues et des courants, les seuls mouvements qui soient appréciables, et qui puissent avoir une action effective; nous laisserons de côté les seiches, les dénivellations locales et les vibrations, dont l'action infiniment faible ou lente est évidemment nulle sur la faune des profondeurs.

A. VAGUES.

Les vagues agissent puissamment sur la région littorale, et sur la surface même du lac dans la région pélagique. Jusqu'à quelle profondeur font-elles sentir leur effet?

On admet, avec les frères Weber, que les vagues agitent l'eau jusqu'à une profondeur 350 fois plus grande que leur hauteur. Quelle est la hauteur des plus grandes vagues de nos lacs? J'ai observé près de la rive, à Morges, des vagues mesurant 20 m. d'une crête à l'autre; si l'on tient compte du ralentissement des vagues sur le fond, il faut admettre qu'en plein lac ces vagues mesuraient au moins 25 m. ce qui correspondrait à des vagues de 1 m. de hauteur.

D'après cela le mouvement des vagues serait encore sensible à 350 m. de profondeur, soit dans les plus grands fonds de nos lacs.

Mais, si théoriquement nous devons admettre l'existence du mouvement à d'aussi grandes profondeurs, en pratique l'effet des vagues cesse d'être appréciable à une distance bien moins grande de la surface; en réalité le calme absolu règne déjà à une profondeur très-faible.

Le meilleur moyen de connaître la limite de l'effet utile des vagues est de chercher la profondeur à laquelle cessent les rides de fond (*Ripple-marks*) (v). Ces rides tracées sur le sable, ne disparaissent pas petit à petit, mais elles cessent brusquement, suivant une ligne parfaitement dessinée, et dont on peut facilement mesurer la profondeur, lorsque l'eau est suffisamment transparente; au printemps de 1878, j'ai constaté cette limite d'une manière

très-certaine en divers points du golfe de Morges, par des profondeurs variant de 6.2 à 8.8 m. au dessous des basses eaux modernes. En 1869 j'avais pris un grand nombre d'empreintes du fond du lac devant Morges entre 30 et 100 m. de profondeur, au moyen d'une plaque de tôle, enduite de suif à sa face inférieure; je n'ai jamais, dans ces empreintes, rien su reconnaître qui rappelât une ride de fond. Cela confirme ce que je viens de dire sur la limite effective des rides du sable vers 10 m. de profondeur.

Une autre preuve de la limite d'action effective des vagues à une faible profondeur se tire d'un détail de la configuration des côtes. Là où le relief général de la côte le permet, on constate, sous les eaux du lac, en avant de la grève, une région littorale spéciale, remarquablement aplatie, qui s'étend souvent jusqu'à plusieurs centaines de mètres en avant dans le lac (Fig. 1, *c e*); au lac Léman elle porte le nom de *beine*, au lac de Neuchâtel de *blanc-fond* (VI). Je considère la beine comme formée de deux parties: la *beine d'érosion* (*e d*), creusée dans la rive par les vagues, et approfondie par elles jusqu'à la limite de leur action effective; la *beine d'alluvion* (*d c*), résultant du transport par les vagues des matériaux enlevés dans le creusement de la beine d'érosion; ces matériaux sont charriés en avant jusqu'à la profondeur à laquelle cesse le transport réel des vagues. La profondeur de la beine, si la théorie est exacte, indique donc, pour chaque région de la rive du lac, la limite d'action effective des vagues. Or cette profondeur est différente aux différents points du littoral, probablement suivant que ces localités sont plus ou moins exposées au choc des vagues. Dans le lac Léman je connais des beines, dont la profondeur aux eaux moyennes est de 2 m., 4 et 6 m. Ces chiffres marqueraient la limite d'action énergique des vagues; au-dessous de cette profondeur, jusqu'à 10 m., cette action des vagues serait très-faible: au-dessous de 10 m., cette action serait nulle et il règnerait le calme, l'immobilité presque absolue.

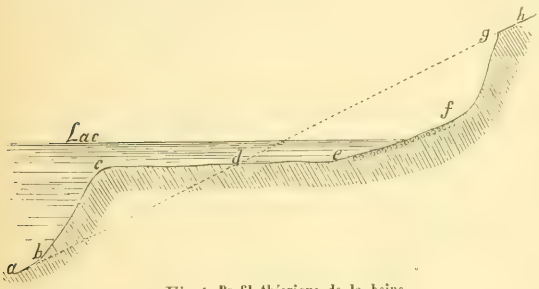


Fig. 1. **Profil théorique de la beine.**

La puissance du mouvement des vagues est en rapport avec la grandeur du lac. Plus le lac est long, plus la vague peut se développer, plus le lac est profond, plus la vague prend de la hauteur. Le Léman étant le plus grand lac de la région Subalpine, les chiffres que je viens de donner pour la limite de l'action des vagues sont des maximums; dans les autres lacs, les vagues doivent cesser d'agir à une profondeur encore moindre.

B. COURANTS.

Dans nos lacs il y a deux espèces de courants: les uns constants, de direction toujours la même, sont causés par le transport de l'eau dès les affluents vers l'émissaire, c'est le courant normal; les autres sont accidentels, de direction et d'intensité variables, causés par l'action mécanique des vents, les variations de pression atmosphérique, la chaleur, etc.

Courant normal. Un lac n'est autre chose qu'un fleuve élargi; c'est une partie du cours du fleuve qui s'approfondit et s'étend, tellement que le courant y devient inappréciable. Ce courant est-il nul?

Nous connaissons approximativement la section transversale du Léman dans ses divers profils; nous savons quel est le débit du Rhône qui s'échappe du lac par les très-hautes eaux de l'été; nous pouvons calculer quelle est la valeur du courant suivant les diverses sections. Voici quelques chiffres basés sur la supposition que le Rhône débite 600 m³. par seconde.

Section	Aire approximative	Vitesse du courant:	
		par minute	par jour:
	m².	m.	m.
Vevey-St-Gingolph	1,440,000	0.026	37
Ouchy-Evian	3,780,000	0.009	13
Détroit de Promenthoux . .	216,000	0.17	245
Coppet-Hermance	180,000	0.20	290
Genthod-Bellerive	72,000	0.5	720
Banc du Travers	9,500	3.8	5470

Ces chiffres ne sont pas nuls; la vitesse d'écoulement du fleuve élargi dans le lac a encore une valeur sensible.

Un courant de telle vitesse ne peut cependant pas avoir d'importance au point de vue de l'agitation mécanique, contre laquelle les animaux auraient à lutter; sur le banc du Travers, tout au plus, près de Genève, cette action peut être sensible, avec une vitesse qui s'élève à 6 c/m. par seconde; dans le reste du lac cet effet est inappréciable.

Mais ce courant, tel que nous le constatons dans le Petit-lac, dès le détroit de Promenthoux jusqu'à Genève, qui représente un déplacement horizontal de plusieurs centaines de mètres par jour doit être de grande importance, soit pour la dissémination des organismes, soit pour le mélange des eaux. C'est ainsi qu'il est facile de démontrer que, chaque année, tout le Petit-lac, depuis le détroit de Promenthoux, écoule entièrement sa

masse d'eau dans le Rhône de Genève; que par conséquent il y a renouvellement fréquent de l'eau, laquelle ne reste pas indéfiniment stagnante[1].

L'importance du courant normal varie avec le débit des affluents et de l'émissaire; il est le plus fort près de l'embouchure des affluents, lorsque ceux-ci sont à leur maximum de débit; il est le plus fort sur tout le bassin, lorsque les eaux du lac étant à leur maximum de hauteur, le débit de l'émissaire est très-considérable.

Le courant normal varie d'un lac à l'autre, suivant le débit du fleuve et la section des différents profils. Ce courant est en général très-important à l'extrémité terminale des lacs; il peut être très-considérable dans un lac, comme le Zellersée, où toute la masse énorme d'eau que débite le Rhin doit traverser un lac étroit, peu profond et rétréci par une grande île.

Courants accidentels. Ils sont dûs à deux causes principales: la chaleur et les vents.

Courants accidentels à causes thermiques. La différence de densité, résultant de l'échauffement ou du refroidissement inégal des diverses régions du lac, détermine des courants horizontaux, pour le rétablissement de l'équilibre; la plupart des courants superficiels que nous observons en temps calme ont cette origine. Ils peuvent avoir parfois une assez grande intensité; la plus grande vitesse que j'ai observée dans ces courants, devant Morges, est de 16 m. par minute, moins de 30 c/m. par seconde; un tel courant est incapable d'agiter d'une manière un peu énergique les animaux du lac; en revanche il peut avoir une action efficace, soit pour la dissémination des organismes, soit pour le mélange de l'eau.

Ces courants se propagent-ils à de grandes profondeurs? Je l'ignore; mais je n'ai aucune raison de les supposer très-profonds.

Quant aux courants verticaux qui font la grande convection thermique du refroidissement automnal (et du réchauffement vernal d'un lac, descendu en hiver au-dessous de 4° C.), ces courants sont probablement limités, localisés à un point ou l'autre de la rive, là où la rupture d'équilibre s'est faite. Ils descendent, en suivant les flancs du talus, jusqu'à la profondeur correspondante à la densité de l'eau; là ils s'étalent en nappe horizontale entre deux eaux. Il est probable que ces courants descendants sont d'intensité très-faible, et qu'ils sont incapables de troubler en rien le repos, dont jouissent les habitants des régions profondes; mais par leur localisation le long des talus, et leur direction qui marche constamment de la rive vers les grands fonds, ils doivent être l'un des agents utiles pour la migration passive des animaux et des germes, dès la région littorale vers la région profonde.

---

[1] Un calcul d'approximation peu serrée, donne pour le cube du Petit-lac, dès Promenthoux à Genève, environ 3000 millions de m^3 (en n'y comptant que le volume des moindres profils, et sans y faire entrer l'eau immobilisée dans les golfes). Or les jaugeages du Rhône de 1874 nous apprennent qu'il s'est écoulé, à Genève, cette année-là, 6940 millions de m^3., c'est-à-dire, plus du double du volume du Petit-lac. Ajoutons que l'année 1874 était, au point de vue du débit, plutôt au-dessous de la normale.

Courants accidentels à causes mécaniques. D'autres courants, beaucoup plus énergiques, sont dûs à l'action mécanique du vent qui, frottant la surface de l'eau, l'entraîne dans le sens où souffle le vent. Je n'ai jamais eu l'occasion de mesurer la vitesse de ces courants qui sont superficiels, mais j'ai lieu de la croire assez forte.

Le courant superficiel, en allant battre à la côte, détermine une accumulation d'eau sur le côté du lac où frappent les vagues et par suite une dénivellation du lac (1). Cette dénivellation occasionne à son tour un *courant de retour* dans la profondeur du lac, courant de retour qui peut posséder une très-grande intensité. Les filets des pêcheurs sont parfois entraînés à des centaines de mètres de distance, en sens opposé à celui du vent, tordus, emmêlés, déchirés, salis par des bois, des feuilles mortes; évidemment le courant qui occasionne ces troubles doit être fort énergique (2).

Le courant de retour doit avoir lieu à la limite de la couche de densité uniforme, à la surface du lac. Cette couche est peu épaisse au printemps et en été, lorsque le temps a été calme; elle a tout au plus 10 ou 20 m. d'épaisseur; elle augmente d'épaisseur lorsque le vent a soufflé énergiquement pendant quelques jours, et que son action mécanique a causé un mélange des eaux superficielles avec les eaux sousjacentes. Dans ces saisons, les courants de retour restent limités vers 30 à 50 m. de profondeur. Mais en automne et en hiver, lorsque la température s'est uniformisée dans une couche d'épaisseur de plus en plus forte, on peut voir les courants de retour agiter le lac jusqu'à de très-grandes profondeurs. C'est ainsi que, pendant l'ouragan du 20 février 1879, les filets des pêcheurs de féras, descendus dans le lac Léman, près d'Ouchy, à 200 et 300 m. de profondeur, ont été arrachés et entraînés par ces courants (VII).

Ces courants de retour des grands vents peuvent donc avoir une très-grande intensité et si nous en jugeons par les désordres causés aux filets des pêcheurs, ils peuvent agiter violemment les animaux qui vivent dans les profondeurs. Mais il faut noter qu'ils sont

---

(1) La plus forte dénivellation de cet ordre, que j'aie constatée directement, a été celle du 20 décembre 1877 à 8 h. du matin, où par une forte bise, l'eau était de 125 m/m. plus élevée à Genève qu'à Morges, d'après les observations faites au limnographe de M. Ph. Plantamour à Séchéron, et à mon limnographe de Morges (XCV).

(2) Pendant l'été de 1884, j'ai eu l'occasion de vérifier par l'observation ces déductions théoriques. Dans la moraine du glacier inférieur de Fée, vallée de Saas, j'ai trouvé un petit étang rempli d'eau micacée, laquelle montre admirablement les plus faibles mouvements du liquide, par les teintes diverses que donne la réflexion de la lumière, sur les lamelles de mica diversement inclinées. J'ai vu, lorsque la surface de l'eau était caressée par une brise légère, la formation d'un courant superficiel, qui suivait la direction et le sens du vent; j'ai vu ce courant s'arrêter brusquement à quelques décimètres de la rive sous le vent, se heurter contre une masse d'eau immobile le long de la côte et devenir plongeant en descendant dans la profondeur. Le courant de retour profond a échappé à ma vue, mais je l'ai vu ensuite remonter à la surface, près de la rive sur le vent; ici je pouvais constater, à quelques décimètres de la côte, le surgissement de l'eau qui, venant de la profondeur, s'inclinait suivant une ligne bien dessinée pour reprendre ensuite la direction horizontale du courant superficiel (CXLVI).

accidentels, n'ont rien de constant, qu'ils sont limités à des profondeurs variables aux différentes saisons, et qu'ils doivent être en somme très-rares dans chaque localité.

Quant à leur action dans la dissémination des organismes, elle doit être très-énergique ; elle est d'autant plus efficace que leur transport agit toujours dès la rive vers les grandes profondeurs. Cela résulte du fait que ces courants ont leur maximum d'effet dans la moitié du lac vers laquelle le vent souffle, et que, dans cette moitié, ils se dirigent toujours en sens contraire des vagues, c'est-à-dire de la rive vers le milieu du lac.

Ces courants enfin ont une grande importance pour le mélange des eaux.

— Je n'ai pas de différences à signaler d'un lac à l'autre pour l'énergie des courants accidentels. Leur intensité dépend de circonstances locales, qui rendent plus ou moins efficaces les actions thermiques et l'action mécanique des vents.

§ III. Température.

La masse limitée d'eau d'un lac est soumise à des variations périodiques de température (VIII); j'essaierai d'en donner une idée en prenant d'abord mon exemple dans le lac Léman.

Un sondage thermométrique [1], exécuté le 22 août 1879, devant Ouchy, montrera la distribution thermique normale de l'été.

Surface	22.0°	80 m.	5.8°
10 m.	18.0	90	5.6
20	12.7	100	5.5
30	10.5	110	5.4
40	7.6	120	5.3
50	6.9	140	5.2
60	6.2	200	5.2
70	6.0	300	5.2

Ces chiffres peuvent se traduire dans les termes suivants: En été le lac est une masse d'eau, de température uniforme, à 5.2° en 1879, qui occupe le fond de la cuvette sur une épaisseur de 200 mètres ; elle est surmontée d'une couche de 100 à 150 m. d'épaisseur, stratifiée thermiquement.

[1] Toutes les températures que je donne dans ce paragraphe ont été mesurées avec le même thermomètre, et sont par conséquent comparables entr'elles. Mon instrument est un thermomètre à renversement, protégé contre la pression par une double enveloppe de verre, *Deep see thermometer* de Negretti et Zambra à Londres, modèle de 1878. Il a fonctionné parfaitement et sans aucun échec depuis cinq ans que je le possède ; je ne puis faire le même éloge d'un second thermomètre du même type et des mêmes constructeurs, que je lui ai adjoint pour plus de sécurité ; ce second thermomètre devient incertain dans son fonctionnement dès que la température s'abaisse au-dessous de + 5° ou 6°.

La stratification thermique de la couche supérieure présente les allures que je caractériserai ainsi :

Dès la surface jusqu'à une profondeur de 10, 15 ou 20 m.(1), la température est presque uniforme. C'est ce donc je donnerai une idée par les chiffres d'un sondage thermométrique, exécuté devant Morges, le 21 juillet 1881.

Surface	21.3°	13 m.	11.3°
1 m.	21.2	14	11.3
5	20.9	15	11.1
7.5	20.6	17.5	9.9
10	19.8	20	9.4
11	14.4	25	8.9
12	12.1		

Ce jour-là, la couche de température uniforme avait 10 m. d'épaisseur.

De 10 à 40, ou 50 m., la température s'abaisse rapidement, et les isothermes sont fort rapprochées; à partir de cette profondeur, de 40, 50 ou 60 m., la température, déjà fort basse, s'abaisse très-lentement, pour devenir uniforme vers 120 à 140 m. de profondeur. Voilà pour le régime de l'été.

Au milieu de l'hiver suivant, le 15 janvier 1880, les couches superficielles s'étaient refroidies, et toute l'épaisseur du lac, depuis la surface jusqu'aux plus grands fonds, était à 5.2°.

Il y a donc une variation périodique annuelle qui peut s'exprimer par les traits généraux suivants: En hiver la température du lac est uniforme dans toute la masse, et relativement très-basse; au printemps la surface se réchauffe et s'élève jusqu'à 20 ou 25°, en se stratifiant thermiquement jusqu'à une profondeur de moins de 150 m.; en automne, cette couche superficielle se refroidit, et redescend à la température des grands fonds, ou à une température très-approchée.

L'amplitude de cette variation annuelle peut s'évaluer aux chiffres suivants(2) :

(1) C'est à cette profondeur que se limite la variation diurne.

(2) D'après les travaux de Fischer-Ooster et C. Brunner sur le lac de Thoune, en 1849(xcvi), il y aurait eu les variations suivantes dans le cours de l'année.

Profondeur	Variation annuelle		Amplitude
24 m.	de 4.9° à	11.2°	6.3°
36	4.6	6.7	2.1
48	4.7	5.6	0.9
75	4.7	5.3	0.6
105	4.9	5.0	0.1
135	4.8	4.9	0.1
165	4.8	4.9	0.1

à la surface la température varie de		15 à 20°.
à 50 mètres	» » »	2 à 3°.
à 100 »	» » »	1°.
à 150 »	la variation est nulle.	

Quant aux chiffres moyens de la température de la surface du lac, aux divers mois de l'année, je puis les donner en me basant sur deux séries de recherches. Premièrement j'ai les moyennes calculées par E. Plantamour (IX) d'après les observations journalières faites dans le Rhône à Genève de 1853 à 1875. Ces chiffres donnent la température littorale du Léman (1).

En second lieu j'ai les températures mesurées par moi dans la région pélagique, devant Morges et Ouchy. Ces observations ne sont pas assez nombreuses pour que je puisse en tirer directement des moyennes utiles; je me suis contenté de chercher pour chaque observation la différence avec l'observation correspondante faite le même jour à Genève; j'en ai tiré la correction moyenne à appliquer aux températures littorales de Genève, pour les transformer en températures pélagiques du Grand-lac. Ces corrections sont calculées d'après les observations de 1879 à 1882. Mes observations ne sont pas encore assez nombreuses pour que je puisse attribuer une précision suffisante et définitive aux chiffres que j'en ai tirés.

Température des eaux de surface.

	Région littorale, Genève	Correction	Région pélagique du Grand-lac
	1853—1875	1879—1882	
Janvier . . .	5.11°	+ 1.3°	6.2°
Février . . .	4.96	+ 0.9	5.9
Mars	6.12	— 0.2	5.9
Avril	8.78	— 0.7	8.0
Mai	11.72	— 0.2	11.5
Juin	15.34	+ 2.1	17.4
Juillet	18.09	+ 2.5	20.6
Août	18.65	+ 0.8	19.4
Septembre . .	17.07	+ 0.4	18.1
Octobre . . .	13.98	+ 0.7	14.7
Novembre . .	9.63	+ 0.4	10.0
Décembre . .	6.61	+ 1.1	7.7

(1) J'ai pendant longtemps cru que nous possédions, dans les observations de la température du lac à Genève, la température littorale parfaite, aussi exagérée que possible, au fond du long golfe ou fiord, que forme le Petit-lac en se dirigeant vers Genève. Mais les températures observées en février et mars

Les extrêmes observés à Genève de 1853 à 1883 ont été:

pour le maximum: juillet 1874 . . . 24.6°

» » minimum: février 1854 . . . 0.9

Outre la variation périodique annuelle, il y dans la température du lac une variation lustrale (1), et cela de deux manières.

a) La température de la couche superficielle, stratifiée thermiquement, varie d'une année à l'autre suivant que la température de l'été est plus ou moins élevée. Cette variation n'est pas très-importante; d'après les observations que je possède, la surface du lac s'élève chaque année à plus de 20°; elle ne dépasse jamais 25° C.

b) Les couches profondes sont sujettes, elles aussi, à une variation lustrale. Ce n'est pas ici le lieu de développer le mécanisme assez compliqué de ce phénomène; je me bornerai à donner les résultats généraux. A la suite d'un hiver froid et prolongé les couches profondes du lac sont refroidies par convection; leur température s'abaisse de quelques dixièmes de degré. Ainsi, après le grand-hiver de 1880, le fond du lac Léman a passé de la température de 5.2° qui règnait en 1879 à celle de 4.6°; il s'est donc refroidi de 0.6°.

D'une autre part, en dehors de ce cas de la pénétration par convection du froid d'un hiver rigoureux, la masse profonde du lac se rechauffe lentement, soit par l'action de la chaleur centrale (2), soit par la conduction de la chaleur dès la surface vers le fond (3).

1880 me font changer d'avis. Alors que le Petit-lac était couvert de radeaux de glace et que sa température était par conséquent à 0° à la surface, les lectures faites par les observations de Genève, à 1 mètre de profondeur, dans le Rhône, ont toutes donné des chiffres relativement élevés; des six jours où le lac a été ainsi congelé, la température la plus basse mesurée dans le port de Genève a été de 3.2° le 10 février. J'en conclus que l'eau qui s'écoule par le Rhône de Genève n'est pas seulement l'eau superficielle du lac, mais qu'elle est abondamment mélangée aux couches profondes, lesquelles en pareil cas étaient plus chaudes que la surface (x).

(1) Pour plus de commodité et de précision j'appellerai variations *lustrales* les variations qui sont liées à une périodicité irrégulière durant plusieurs années; je distinguerai donc la périodicité *annuelle*, liée au cycle estival-hiémal, ou à la révolution de la terre autour du soleil, c'est une périodicité régulière, et la périodicité *lustrale*, occasionnant des variations de durée et d'intensité irrègulières, durant deux ans, cinq ans, dix ans ou plus, c'est une périodicité irrégulière dont les causes, probablement complexes, nous sont le plus souvent inconnues.

(2) D'après E. de Beaumont (xcvii) la chaleur centrale se dégage à travers les couches supérieures de la terre en quantité suffisante pour fondre annuellement une couche de 6.5 m/m. de glace. Cela représente 5.2 calories par d/m². Ce chiffre a encore été abaissé par les recherches du comité de l'Association britannique (xcviii) et réduit à 4.1 calories par d/m².

(3) Il est une cause de réchauffement du fond des lacs à laquelle on n'a pas encore fait attention, qui ne peut expliquer qu'une faible partie de l'élevation de température constatée, mais dont on doit tenir compte. C'est le fait de la densité plus grande du limon contenu dans l'eau des affluents. Que ce soit la poussière minérale elle-même qui descende dans les profondeurs, et en se refroidissant réchauffe l'eau qui l'entoure (le Rhône apporte annuellement dans le lac Léman plus de 200,000 m³ de limon, Forel, la Reuss 150,000 m³. de limon dans le lac des IV-cantons, Heim), ou que ce soit l'eau limoneuse qui, plus lourde par la poussière impalpable qu'elle tient en suspension, descende dans une couche in-

Il résulte des sondages que j'ai continués dans le lac Léman depuis 1879 à 1884 que ce réchauffement est d'environ 0.1° par an.

Voici en effet les températures que j'ai constatées dans les grands fonds du lac Léman, entre 250 à 300 m., de 1879 à 1884. Toutes ces mesures ont été faites avec le même thermomètre et dans les mêmes conditions; elles sont donc bien comparables entr'elles.

23 octobre 1879	5.2°
5 avril 1880	4.5
29 juillet 1880	4.6
30 novembre 1880	4.7
5 novembre 1881	4.8
26 février 1883	5.0
15 mars 1884	5.4

D'après ces observations, l'amplitude de la variation annuelle de la température des grands fonds du lac Léman serait:

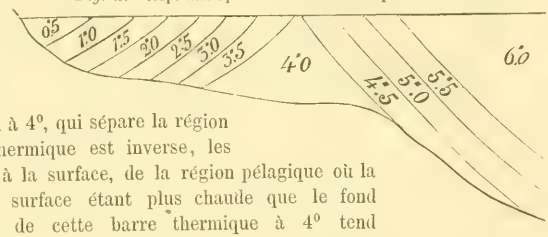
en période de réchauffement, entre 0.1° et 0.2°,
en période de refroidissement, jusqu'à 0.6°.

Quant aux variations lustrales résultant du réchauffement prolongé des couches profondes dans une série de belles années, ou du refroidissement par l'effet d'un hiver très-froid[1], j'estime qu'elles doivent s'élever à une amplitude d'un degré au maximum, soit ± 0.5°.

Jusqu'à présent je n'ai parlé que des variations de la région pélagique et profonde; mais il y a lieu de faire intervenir ici celles de la région littorale. Celle-ci est en effet soumises à des variations beaucoup plus étendues que celles du milieu du lac, et ces variations ont un effet très-curieux sur la température des grandes profondeurs du lac.

En hiver la région littorale se refroidit souvent très-bas, et tandis que la région pélagique du Grand-lac reste à 5° environ, elle descend au-dessous de 4° et peut même arriver à zéro. Il se forme alors, ainsi que je l'ai montré ailleurs (x), une *barre thermique* d'eau à 4°, qui sépare la région littorale où la stratification thermique est inverse, les couches les plus froides étant à la surface, de la région pélagique où la stratification est directe, la surface étant plus chaude que le fond (Fig. 2). L'eau plus dense de cette barre thermique à 4° tend

Fig: 2. Coupe théorique de la barre thermique littorale.



férieure à celle à laquelle sa température l'aurait amenée, par ces deux procédés il y a apport de corps plus chauds dans le milieu froid des grands fonds, et par conséquent réchauffement de l'eau des grandes profondeurs. Par cette action la température des couches inférieures des lacs doit s'élever chaque année, mais de quelques centièmes de degré seulement.

[1] J'admets que le grand hiver de 1880 peut être considéré comme étant, à peu de choses près, l'extrême de rigueur d'un hiver de nos climats.

sans cesse à s'écouler au-dessous des eaux plus légères, et il en résulte, en particulier, un courant d'eau froide à 4°, qui descend le long des talus du lac et gagne les plus grands fonds. Il suit de là qu'à la fin de l'hiver, il doit y avoir au fond de la cuvette du lac, sous la grande masse du lac à température uniforme, une couche peu épaisse d'eau plus froide, dont la température s'approche de 4°.

J'ai retrouvé cette couche d'eau froide après le grand hiver de 1880, dans un sondage thermométrique opéré le 23 mars 1880 devant Ouchy.

200	mètres	4.6°
240	»	4.6
260	»	4.6
280	»	4.5
305	»	4.4
310	»	4.4

Tandis que la grande masse du lac ne s'est pas refroidie au-dessous de 4.6°, il y avait au fond de la cuvette une couche de 50 m. d'épaisseur, plus froide de un ou deux dixièmes de degré.

Ce courant d'eau froide à 4°, qui coule le long des talus du lac pendant les grands froids de l'hiver, est un phénomène temporaire et ne dure que quelques jours; la couche stratifiée d'eau froide qui s'accumule dans les grands fonds n'est pas bien épaisse, et elle est bientôt réchauffée par les masses plus chaudes qui l'entourent, soit le sol sous-jacent, soit l'eau sus-jacente. Mais quelque passagères et temporaires que soient ces apparitions, elles n'augmentent pas moins notablement l'amplitude des variations thermiques, qu'ont à subir les animaux de la région profonde du lac. Les variations annuelles et lustrales oscillent autour d'une température plus élevée, 5° ± 0.5°. Ce courant d'eau froide abaisse subitement la température de l'eau à 4° ou à peu près. Dans un climat aussi constant que la région profonde d'un lac, une telle intempérie doit être fort sensible et fort désagréable pour les animaux.

De même que le refroidissement hiémal agit plus sur la région littorale, de même l'échauffement estival y est aussi plus intense; l'eau s'y réchauffe souvent en été de plusieurs degrés au-dessus de la température de la région pélagique. Mais ce phénomène est purement superficiel; il est sans action sur la région profonde, et nous n'avons pas à nous en occuper ici.

Nous avons vu qu'à la suite du grand hiver de 1879 à 1880 la température du Léman s'était abaissée de 0.6° environ, mais qu'elle était restée cependant à 4.6°, c'est-à-dire notablement au-dessus de 4°, température du maximum de densité de l'eau. Il n'en a pas été de même pour la plupart des autres lacs Suisses, qui se sont congelés les uns après les autres. Outre les lacs de montagne qui gèlent chaque année, dans l'hiver de 1880 la congélation a saisi successivement les lacs de Morat, de Bienne, de Zurich, de Zoug, de Neuchâtel, de Constance, d'Annecy et des IV-Cantons. Il n'y a que

les lacs de Thoune, de Brienz, de Walenstadt, le Léman, le lac du Bourget et les lacs Insubriens [1] qui aient été épargnés par le gel.

La congélation des grands lacs de la Suisse est un fait rare, mais on ne peut pas le dire anormal. Plusieurs fois par siècle, on a vu se recouvrir de glace ceux qui ont été gelés en 1880. Toutefois, d'après les souvenirs historiques que j'ai pu rassembler, le lac de Thoune n'aurait gelé que 4 ou 5 fois depuis le XIV° siècle; le lac de Brienz une seule fois. Les lacs de Walenstadt, du Bourget, les lacs Insubriens et le Léman n'auraient jamais gelé. L'on peut à ce point de vue établir la loi suivante :

La congélation d'un lac sera d'autant plus hâtive ou plus fréquente, *caeteris paribus*,

a) que le lac est moins profond;

b) que ses talus sont moins inclinés.

c) que son altitude est plus élevée.

d) que sa latitude est plus éloignée de l'équateur.

e) qu'il est dans une région moins protégée contre les vents.

f) que ses bords sont encaissés dans une vallée à parois moins abruptes, contre les flancs de laquelle l'air atmosphérique se refroidit plus. (R. Billwiller.) (CXXXVI).

g) qu'il a emmagasiné moins de chaleur dans l'été précédent.

h) qu'il s'est écoulé moins d'années depuis le dernier hiver froid.

i) qu'il y a eu durant l'hiver moins de soleil pendant le jour et moins de nuages pendant la nuit.

Quoiqu'il en soit, les lacs de notre région Subalpine sont exposés à la congélation, et nous devons étudier comment ce phénomène agit sur la température des régions profondes.

L'eau ayant sa densité maximale à 4°, les allures du refroidissement de l'eau sont différentes au-dessus et au-dessous de cette température. Jusqu'à 4° le refroidissement automnal se continue, comme nous l'avons vu dans le Léman, par des phénomènes de convection; il y a, par convection, augmentation progressive de la couche superficielle de l'eau à température uniforme ; à mesure que, la chaleur se perdant par la surface, cette couche superficielle se refroidit, elle s'adjoint l'une après l'autre, en les faisant entrer dans le cycle de sa circulation thermique, les couches inférieures, dont elle prend successivement la température, dans le cours de son refroidissement progressif. Il arrive donc un moment où toute la masse du lac est à 4°; mais dès lors la convection cesse, et le refroidissement superficiel ne se propage plus dans la profondeur que par des phénomènes de conduction; il en résulte une stratification thermique inverse de celle que nous avons constatée en été, les couches les plus froides étant à la surface en hiver.

[1] Les 9 et 10 février, les 14, 15 et 16 fevrier et le 1 mars 1880, la partie occidentale du Léman connu sous le nom du Petit-lac a été recouverte d'une pellicule glacée assez forte pour résister à la chaleur du soleil pendant le jour. Le 3 février il y eut sur le lac de Lugano formation de glace dans le bras occidental, entre Morcote et Brusino, et dans le golfe de Pontetresa. Ce sont des faits de congélation littorale; la région pélagique de ces lacs n'a jamais été menacée par la glace (x).

Des sondages thermométriques effectués sous la glace des lacs m'ont prouvé que le fond du lac est bien à 4°, ou au-dessous. Le fond des lacs gelés descend donc à une température plus basse que celle des lacs qui ne gèlent pas, et l'amplitude de la variation thermique y est plus considérable.

Je le montrerai en donnant les chiffres des sondages thermométriques exécutés dans les lacs de Morat et de Zurich, d'une part pendant le grand hiver de 1880, alors que le lac était gelé, d'une autre part au milieu de l'été suivant, au mois d'août 1880; à côté de ces chiffres j'inscris l'amplitude de la variation thermique estivale de cette année 1880, telle qu'elle résulte de la différence des deux observations.

Lac de Morat.

1880	1 février	6 août	Amplitude de la variation
0 m.	0.3°	19.1°	18.8°
5	1.9	18.8	16.9
10	2.0	18.0	16.0
15	2.4	10.8	8.4
20	2.5	9.6	7.1
25	2.5	8.9	6.4
30	2.4	8.5	6.1
35	2.5	8.3	5.8
40	2.7	8.0	5.3

Lac de Zurich.

1880	25 janvier	3 août	Amplitude de la variation.
0 m.	0.2°	19.7°	19.5°
10	2.6	19.1	16.5
20	2.9	7.6	4.7
30	3.2	6.0	2.8
40	3.5	5.2	1.7
50	3.6	4.7	1.1
60	3.7	4.4	0.7
70	3.7	4.2	0.5
80	3.8	4.1	0.3
90	3.8	4.1	0.3
100	3.9	4.0	0.1
110	3.9	4.0	0.1
120	4.0	4.0	0.0
130	4.0	4.0	0.0

Si nous comparons les deux sondages faits dans l'été de 1880, dans les lacs de Zurich et de Morat, qui avaient tous deux été gelés l'hiver précédent, nous aurons un résultat intéressant:

	Morat	Zurich	Différence
0 m.	19.1°	19.7°	+ 0.6°
10	18.0	19.1	+ 1.1
20	9.6	7.6	— 2.0
30	8.5	6.0	— 2.5
40	7.9	5.2	— 2.7

Laissons de côté les chiffres de la couche supérieure de 10 m. d'épaisseur, qui est influencée par la température accidentelle des jours précédents; nous voyons que l'eau des couches profondes se réchauffe beaucoup plus vite dans le lac de Morat, peu profond, que dans le lac de Zurich, plus profond.

On peut formuler la loi générale: « Plus le lac est profond, moins grande est l'amplitude des variations thermiques annuelles ».

Comme les variations lustrales dépendent des sommes des variations annuelles, la même loi peut leur être appliquée.

Pour avoir une idée des différences dans l'état thermique des différents lacs, je donnerai ci-dessous le tableau d'une série de sondages thermométriques, opérés dans le mois d'août 1880, dans les principaux lacs du Nord des Alpes. Je les divise en deux groupes, lacs qui ont gelé l'hiver précédent, lacs qui n'ont pas gelé (voir le tableau à la page suivante).

Enfin je donnerai dans le tableau suivant les températures des lacs de Zurich, des IV-Cantons, de Bienne, de Neuchâtel, du Léman, d'Annecy et du Bourget, telle que je les ai mesurées dans l'été de 1883.

	Zurich	IV-Cantons	Bienne	Neuchâtel	Léman	Annecy	Bourget
1883	13 août	16 août	12 octobre	11 octobre	9 octobre	22 septembre	21 septembre
0 m.	19.8°	17.4°	12.0°	12.0°	12.8°	17.5°	18.8°
20	7.9	10.0	11.1	11.3	12.8	8.1	11.3
40	5.3	5.8	9.0	8.7	6.7	6.2	6.3
60	—	5.2	—	6.5	6.1	6.1	5.9
80	—	5.0	—	5.8	—	—	5.8
100	—	—	—	5.7	6.0	—	—
120	4.2	—	—	—	5.8	—	5.7

Température des Lacs dans l'été de 1880 (voir page 23).

	Lacs gelés en 1880.							Lacs non gelés.				
	Constance	Zurich supr.	Zurich inf.	IV-Cantons infr.	Morat	Neuchâtel[1]	Annecy	Walenstadt	IV-Cantons supr.	Brienz	Thoune	Léman
1880	1 août	2 août	3 août	4 août	6 août	7 août	13 août	2 août	3 août	5 août	5 août	29 juilt.
0m.	18.2°	17.1°	19.7°	16.8°	19.1°	17.6°	18.4°	17.0°	16.8°	14.4°	18.0°	21.5°
20	10.1	9.3	7.6	10.3	9.6	15.1	10.4	12.0	9.3	10.8	12.0	12.0
40	5.3	6.8	5.2	5.4	8.0	8.6	6.0	6.6	5.4	6.6	6.0	7.2
60	4.5		4.4	4.9		6.6	5.0	5.5	5.0	5.1	4.9	6.3
80	4.3		4.1	4.5		5.4		4.9	4.8	4.8	4.6	5.5
100	4.2		4.0	4.3		5.2		4.6	4.7	4.7	4.5	5.1
120	4.1			4.1				4.6	4.7		4.5	4.8
140	4.0		4.0	4.1				4.6		4.7	4.5	4.8
160												
180									4.7	4.6		4.7
200												4.6
220												4.6
240												
260										4.6		4.6
280												4.6

La comparaison entre ces sondages thermométriques faits en 1880 et 1883 montrera combien les eaux des régions profondes se sont réchauffées dans cette période de trois années.

	Zurich	IV-Cantons	Neuchâtel	Léman	Annecy
40 m	+ 0.1°	+ 0.4°	+ 0.1°	+ 0.1°	+ 0.2°
60	—	+ 0.3	+ 0.1	+ 0.1	+ 1.1
80	—	+ 0.5	+ 0.4	—	—
100	—	—	+ 0.5	+ 1.0	—
120	+ 0.1°	—	—	+ 1.0	—

[1] Les sondages du Lac de Neuchâtel (7 août 1880) ont été opérés dans de très-mauvaises conditions; le vent soufflait très-vif et les vagues étaient violentes. Ces observations sont donc incertaines.

Comme terme de comparaison fort instructif je donnerai ici le résultat de sondages thermométriques, exécutés en août 1873 par le professeur John LeConte sur le lac Tahoe, 39° lat. N et 120° long. W de Greenwich, entre les états de Californie et de Névada, par une altitude de 1905 m. (XII).

Profondeur	Température	Profondeur	Température
0 m.	19.4°	100 m.	7.5°
15	17.2	122	7.2
30	12.8	146	6.9
45	10.0	152	6.7
60	8.9	183	6.1
75	8.3	235	5.0
90	7.8	459	4.0

Pour autant que l'on sait, le lac Tahoe n'a jamais gelé.

— En résumé, au point de vue thermique les lacs présentent des variations considérables dans leurs couches supérieures ; mais l'amplitude de ces variations décroît rapidement dans la profondeur, et à partir de 100 m. elles sont presque nulles.

D'un lac à l'autre il y a des différences, aussi bien dans la température moyenne, que dans l'amplitude des variations ; ces différences sont régies par les conditions géographiques, topographiques, climatériques des lacs et en outre par le volume relatif de leurs eaux. La différence ne dépasse pas, dans les régions profondes, 1 ou 2 degrés.

En somme, le climat des régions profondes est, au point de vue thermique, très-égal et très-peu accidenté.

Quant à l'ancienne théorie, très-généralement répandue, qui veut que le fond des lacs d'eau douce soit constamment et partout à 4°, température du maximum de densité, elle n'est pas exacte. Ce fait ne se présente que pour les lacs suffisamment profonds (plus de 100 m.) qui sont soumis à un climat assez froid pour que chaque hiver leur surface descende à 4° ; j'en donnerai comme exemple probable le lac de Zurich. Mais dans les climats plus doux, le fond du lac se réchauffe graduellement, qu'il soit resté au-dessus de 4° comme dans le cas du Léman, ou qu'il soit descendu à 4° dans un cas de congélation, comme le lac de Neuchâtel dans l'hiver 1880. Quant aux lacs peu profonds, (Annecy, Morat par ex.) la température du fond varie de un ou deux degrés au-dessus ou au-dessous de 4°.

Congélation des lacs.

En outre du point de vue thermique que nous venons d'étudier dans le paragraphe précédent, la congélation de la surface a un effet considérable dans l'économie des lacs.

En fermant tous les rapports avec l'atmosphère, la couche de glace immobilise absolument toute la masse du lac. Dans un lac gelé il n'y a plus ni vagues, ni courants d'origine mécanique; la stratification thermique inverse qui existe dans les eaux sous la glace étant parfaite au point de vue des densités, il n'y a plus de courants de convection. C'est alors le repos absolu qui règne, non seulement dans les profondeurs, mais encore dans tout le lac.

Un autre effet, qui doit être assez important, c'est la suppression des rapports chimiques du lac avec l'atmosphère; à travers la couche de glace, les échanges gazeux sont évidemment fort entravés, et, si la congélation dure longtemps, il peut en résulter un défaut d'oxygène. On sait que pendant l'hiver les braconniers ouvrent des trous dans la glace des lacs, dans le lac de Joux par ex., et qu'ils y pêchent les poissons, en particulier les Brochets, quand ceux-ci viennent chercher de l'air frais qui fait défaut dans l'eau.

Une observation que j'ai faite le 1er février 1880 sur le lac de Morat, doit se rapporter au même ordre de faits; ce lac était gelé depuis le 18 décembre 1879, soit depuis 45 jours. Quand j'eus percé dans la glace les trous nécessaires à mes sondages thermométriques, je vis l'eau fourmiller d'une multitude de petits Entomostracés pélagiques *(Diaptomus, Cantocamptus)* qui venaient ainsi à la surface. Or, comme nous le verrons plus loin, c'est là une station tout à fait anormale pour des animaux pélagiques, qui pendant le jour se tiennent dans les couches moyennes, à la limite de la région non-éclairée. On ne peut pas dire que la couche de glace de 36 c/m. fût assez opaque pour donner aux couches supérieures du lac l'obscurité que recherchent ces animaux; je ne m'explique cette apparition insolite que par le défaut d'oxygène dans l'eau et par l'attrait qu'aurait pour ces êtres, à demi asphyxiés, une eau plus riche en gaz respirables [1]).

§ IV. Lumière.

La lumière pénètre dans le lac, mais elle ne descend pas très-loin; au-dessous de la couche supérieure, qui est soumise aux alternatives du jour et de la nuit et aux variations

---

(1) Dans les séries d'études chimiques de Weith sur les eaux du lac de Zurich (XXI) que nous aurons à citer plus loin, on voit que la quantité d'acide carbonique et de carbonates était légèrement plus élevée dans l'eau puisée pendant la congélation du lac, dans l'hiver 1879—1880, que dans les époques où le lac n'était pas pris par la glace. La différence était du reste minime.

La quantité d'acide carbonique chimiquement combiné à l'état de carbonates a été en moyenne, par litre d'eau:

sur 10 analyses d'eau du lac non-gelé	52.6 milligrammes
„ 5 „ „ „ „ gelé	54.4 „
différence	1.8 milligrammes

des saisons, est une région profonde où l'obscurité règne absolument et sans interruption. Où est la limite entre les deux zônes? c'est ce que j'ai recherché dans le lac Léman (*Mat.* [1] *VII et XXVIII,* XCIX).

Si l'eau était physiquement pure, quatre facteurs détermineraient cette limite, à savoir :

a) la hauteur de l'astre (soleil ou lune) au-dessus de l'horizon ; cette hauteur règle la proportion entre la quantité de lumière qui est réfléchie par la surface et celle qui est absorbée;

b) la transparence de l'air, qui arrête plus ou moins de lumière, suivant que le ciel est serein ou nuageux;

ces deux facteurs peuvent se réunir sous le nom de *facteurs d'éclairage* ;

c) l'état de la surface de l'eau plus ou moins agitée par les vagues : la proportion de lumière réfléchie varie avec la forme, la grandeur et la direction des vagues;

d) la température de l'eau, laquelle absorbe plus de lumière quand elle est plus chaude (Wild) ; l'eau froide est plus transparente que l'eau chaude;

ces deux facteurs sont les *facteurs d'absorption.*

Mais l'expérience m'a montré que le facteur le plus important est la pureté physique de l'eau; celle-ci est plus ou moins chargée de poussières lacustres, qu'elle tient en suspension, et en raison de cela elle est plus ou moins limpide, plus ou moins transparente.

Ces différents facteurs combinés ensemble modifient sensiblement la transparence de l'eau pour la lumière ; quoique l'éclairage soit moins puissant en hiver les eaux sont plus limpides et la lumière descend plus profond qu'en été. C'est ce qu'ont prouvé mes recherches dans le lac Léman.

J'ai étudié la pénétration de la lumière dans le lac dans les deux formes d'activité: activité lumineuse, activité chimique ou actinique.

A. RAYONS LUMINEUX.

L'action lumineuse des rayons du soleil, la seule source éclairante qui agit efficacement dans nos lacs, se traduit à nous par les impressions de notre rétine. Nous pouvons dans cette étude considérer deux points de vue:

L'intensité de la lumière.

La qualité de la lumière, sa couleur.

Intensité de la lumière. Les rayons lumineux en traversant l'eau sont absorbés, tellement que, si la couche d'eau est assez épaisse, elle devient tout à fait opaque. L'œil

[1] Je désigne par l'abréviation *Mat.* suivie d'un chiffre romain les renvois aux paragraphes de mes „Matériaux pour servir à l'étude de la faune profonde du lac Léman", dont on trouvera la table des matières détaillée à la fin de l'index bibliographique.

qui cherche à percer les profondeurs du lac ne pénètre que jusqu'à quelques mètres dans l'eau; en avant de la région littorale, qui est encore accessible à notre vue, règne la région obscure, *l'eau bleue*, comme on l'appelle sur nos lacs, là où nous ne distinguons plus le fond.

Pour étudier cette absorption de la lumière et les variations de son intensité j'ai utilisé la méthode déjà employée par tous les navigateurs qui ont voulu se rendre compte de la limpidité des eaux; elle a été mise en jeu avec toute la précision du physicien par le P. A. Secchi, en 1865, dans la Méditerannée (XII). L'on fait descendre dans l'eau un disque blanc, attaché à une ligne de sonde, et l'on mesure la profondeur à laquelle il disparaît à l'œil en descendant, celle à laquelle il commence à devenir visible en remontant: la moyenne de ces deux chiffres est ce que j'appelle la *limite de visibilité (Mat. XXVIII)*. Voici cette profondeur limite de visibilité dans les divers mois de l'année, d'après 46 expériences que j'ai faites en 1874 et 1875, en plein lac devant Morges.

Mois d'été:

mai	8.2 m.	août	5.3 m
juin	6.9	septembre	6.8
juillet	5.6		

Mois d'hiver:

octobre	10.2 m.	février	15.0 m.
novembre	11.0	mars	15.4
décembre	11.5	avril	11.3
janvier	14.5		

en moyenne:	les 7 mois d'hiver, octobre à avril	12.7 m.
	les 5 mois d'été, mai à septembre	6.6
	moyenne annuelle	10.1
maximum observé le 10 mars 1875 à midi		17.0

D'après cela la limite de visibilité est à peu près deux fois plus profonde en hiver qu'en été.

Ajoutons encore que la transition entre le régime estival, où l'eau est presque opaline, et le régime hivernal, où elle est limpide, se fait le plus souvent brusquement, rapidement, en quelques jours; la transition printannière, dans laquelle l'eau claire de l'hiver s'obscurcit et se trouble, est en général un peu moins rapide.

Quelles sont les causes de ces variations dans la limpidité de l'eau?

Les recherches de Wild (CXLVIII) ont montré que la température de l'eau y est pour quelque chose; plus l'eau est chaude, plus elle absorbe une forte fraction de la lumière. Mais l'observation des faits du lac prouve que le facteur le plus important, qui trouble les eaux de l'été et les rend peu transparentes à la lumière, réside dans les poussières

en suspension dans l'eau. Ces poussières forment un brouillard qui arrête les rayons lumineux. Les observations suivantes m'ont fait conclure à cette importance des poussières aquatiques:

a) En été l'eau est beaucoup plus transparente en plein lac que près des bords; elle est le plus opaque au fond des golfes.

b) En été l'intensité de l'éclairage a très-peu d'influence sur la profondeur limite de visibilité; que le soleil soit à l'horizon ou au méridien, qu'il brille dans un ciel serein ou qu'il soit voilé par les nuages, la limite de visibilité reste, à peu de chose près, la même.

c) La profondeur limite de visibilité est très-nettement marquée en été; quand un objet s'enfonce en sombrant dans le lac, il s'éteint à la vue, non pas progressivement et insensiblement, mais presque subitement. (1).

En réunissant ces faits avec ce que nous apprend la physique générale, je conclurai:

1° La lumière est absorbée par l'eau et pénètre dans le lac en quantité d'autant moins grande que la profondeur est plus considérable.

2° La pénétration de la lumière a lieu d'autant plus bas pour le même éclairage:

a) que l'eau est plus limpide et contient moins de poussières;

b) que l'eau est plus froide.

3° L'éclairage varie d'un jour à l'autre et d'un instant à l'autre; il est d'autant plus puissant que:

a) l'astre éclairant est plus haut sur l'horizon;

b) le ciel est plus serein et l'astre moins voilé par des nuages;

c) la surface du lac est moins agitée par les vagues.

La grande différence de régime dans la transparence des eaux entre l'été et l'hiver, différence qui est en sens inverse de l'intensité de l'éclairage, provient essentiellement des poussières aquatiques en suspension dans l'eau; elles sont toutes de nature organique (2). J'attribue la plus grande abondance, en été, de ces poussières aquatiques, au plus grand développement de la vie organique, soit dans le lac, soit dans ses affluents, soit sur la terre; la vie étant plus active, les débris de la vie sont plus nombreux, et les poussières organiques se trouvent en plus grand nombre dans le lac.

---

(1) Une très-belle série d'expériences sur la transparence de l'eau a été commencée en 1884 par une commission spéciale de la Société de physique de Genève, sous la présidence du professeur L. Soret. Ces recherches ont étudié dans le port de Genève la limite de visibilité d'un corps éclairant regardé horizontalement à travers les couches supérieures de l'eau. Les résultats, jusqu'à présent publiés (CXLVII) semblent parfaitement d'accord avec ce que j'avais trouvé sur la nature de l'opacité de l'eau, dûe essentiellement à des poussières en suspension dans le liquide.

(2) Je ne parle pas ici du trouble causé par les vagues ou par un torrent débordé, qui salit le lac à son embouchure, et souvent fort loin de cette embouchure; ces poussières minérales, plus lourdes que l'eau, ne tardent pas à se déposer, et n'altèrent que très-temporairement la limpidité du lac.

Il est aussi un fait concomitant qui explique la plus grande abondance des poussières en suspension pendant l'été que pendant l'hiver, c'est la stratification des densités, résultat de l'échauffement des couches superficielles de l'eau. L'eau ne garde en suspension entre deux eaux que les poussières ayant exactement la même densité qu'elle. Toutes celles qui sont plus lourdes, tombent au fond, celles qui sont plus légères viennent à la surface. Or en été, par suite de la stratification thermique, qui occasionne une stratification des densités de l'eau, dès la surface où les eaux sont les plus légères au fond où elles sont les plus lourdes, entre ces deux extrêmes de densités, il y a une foule de poussières qui trouvent une couche dont la densité est égale à la leur, et qui peuvent ainsi rester en suspension; en hiver au contraire, par suite de l'uniformité de la température au fond et à la surface, il n'y a dans l'eau du lac qu'une seule densité, et par conséquent une seule classe de poussières capables de flotter entre deux eaux.

Ces deux causes ([1]), plus grand développement de la vie organique en été, et plus grande diversité des densités de l'eau, expliquent la plus grande abondance des poussières flottant dans l'eau, et par suite la moins grande transparence du lac pendant l'été.

La lumière étant absorbée à mesure qu'elle pénètre plus profondément dans l'eau, il doit arriver un point où toute la lumière est absorbée et où règne l'obscurité absolue. Nos lacs sont-ils assez profonds pour que cette région obscure soit atteinte ?

Nous avons constaté que dans le lac Léman un objet blanc éclairé disparaît à l'œil sous une couche de 17 m. d'eau au maximum. Le rayon lumineux, réfléchi par l'objet blanc, est revenu à l'œil après avoir traversé au moins 17 m. d'eau en descendant et 17 m. d'eau en remontant, total 34 m. Pouvons nous en conclure que la profondeur de 34 m., dans les beaux jours de fin d'hiver, soit la limite absolue de la pénétration de la lumière dans notre lac; autrement dit, qu'un animal, vivant à la profondeur de 35 m., soit dans l'obscurité absolue, l'obscurité impénétrable d'une caverne ? Je ne le pense pas. Il est probable qu'à cette profondeur, et bien plus bas encore, il doit pénétrer, pendant le jour du moins, une certaine quantité de lumière, qui doit éclairer ces régions comme le crépuscule, ou la demi-lumière, demi-obscurité de nos nuits de la surface de la terre. Pendant la nuit la lumière n'est pas assez intense pour permettre de distinguer les objets éloignés ; notre œil ne sépare pas des masses très-peu éclairées et qui ne se différencient

---

([3]) J'ai déjà réfuté ailleurs (XCIX) l'opinion fort généralement répandue que l'opacité des eaux de l'été serait due aux eaux laiteuses des torrents glaciaires. Ces eaux sont trop froides pour rester à la surface du lac; les eaux du Rhône, en été, ont une température qui varie de 6° à 12°; pendant ce temps la couche supérieure du lac est entre 15° et 25° de chaleur ; sans parler du limon minéral qu'elles tiennent en suspension, par le fait même de leur température plus froide, les eaux du Rhône sont plus lourdes que celles du lac; elles descendent donc le long des talus du delta du fleuve, jusqu'à une profondeur de 40 à 60 ou 80 mètres, et s'y étalent en nappe horizontale entre deux eaux. Elles ne se mêlent donc pas à la couche supérieure des eaux du lac et n'interviennent en rien dans ce trouble de l'été qui rend invisible tout objet plongé à quelques mètres de profondeur.

que par des fractions très-faibles d'illumination. Mais nous y voyons encore assez pour distinguer des objets rapprochés ; même dans les nuits les plus obscures nous arrivons encore à nous diriger. Je suppose qu'il doit en être à peu près de même dans les profondeurs moyennes de nos lacs; pendant les heures où le soleil est sur l'horizon, il doit y régner une demi-obscurité analogue à celle de nos nuits nuageuses. Jusqu'à quelle profondeur ce reste de lumière pénètre-t-il encore? Je n'ose pas le supputer. Mais nous constaterons bientôt que l'action chimique de la lumière sur le chlorure d'argent se fait sentir jusqu'à 100 m. de profondeur. Or nous savons que notre rétine est capable de discerner des objets alors même que la lumière n'est pas assez intense pour impressionner le chlorure d'argent. Il est donc possible que notre œil puisse encore y voir à une profondeur plus grande encore.

Quant au nerf optique des animaux, quelle est sa sensibilité comparée au nôtre? c'est que nous sommes absolument incapables d'apprécier, pour le moment du moins.

Dans le régime d'été les poussières organiques en suspension dans l'eau, qui font réduire la limite de visibilité à la profondeur de 5 à 6 m., doivent encore diminuer ces restes de lumière et augmenter l'obscurité. Ce doit être, dans le lac, à la fois l'effet d'un nuage et celui d'un brouillard dans notre atmosphère, qui d'une part arrêtent la vision distincte des objets éloignés, d'une autre part diminuent notablement l'intensité de l'éclairage.

Je conclus qu'au point de vue de la lumière, qui se traduit pour les animaux par la faculté de voir les objets extérieurs, il doit régner dans les régions très-profondes des lacs (200, 300 m.) une obscurité absolue ou presque absolue, que dans les régions moins profondes, 50—200 m., on y trouverait une demi-obscurité, analogue à celle de nos nuits atmosphériques, que dans la région supérieure seulement, jusqu'à 20, 30 ou peut-être 50 m., il doit y avoir assez de lumière pour permettre une vision plus ou moins nette et distincte.

La limpidité des eaux varie notablement d'un lac à l'autre. Je n'ai malheureusement pas d'observations précises qui me permettent une comparaison numérique entre les eaux du Léman et celles des autres lacs Subalpins; mes notes indiquent, pour tous les autres lacs où j'ai fait attention à la transparence des eaux, une limpidité inférieure à celle du Léman.

Les eaux du Léman sont cependant loin d'être les plus claires. Sans parler des eaux de la Méditerranée où le P. Secchi a suivi son disque blanc jusqu'à 42.5 m. de profondeur, et de l'océan atlantique où L. F. de Pourtalès a distingué des objets éclairés jusqu'à 50 m., je n'insisterai que sur un seul chiffre, parcequ'il vient aussi d'un lac d'eau douce. Dans le lac Tahoe [1], Sierra Névada de la Californie, le professeur John LeConte

---

[1] Les dimensions du lac Tahoe sont: longueur 35 km., largeur 20 km, superficie environ 500 km. carrés; la profondeur maximale connue 501 m., son altitude 1905 m.; sa température à la surface en août 1873, 19.5°. Il est situé sous le 39° lat.-nord.

a trouvé, le 6 septembre 1873, la limite de visibilité par 33 m. de profondeur(XI). C'est une profondeur 4 à 5 fois plus forte que celle que j'ai constatée dans le lac Léman, où mes observations pour le mois de septembre donnent en moyenne une profondeur limite de visibilité de 6.8 m. Je n'ai pas les éléments suffisants pour expliquer une telle différence dans la transparence, mais je suis porté à l'attribuer à la composition chimique des eaux (1).

Couleur de la lumière. L'eau des lacs réfléchit une couleur bleue ou verte. Quelle est la couleur transmise? Quelle est la couleur de la lumière dont jouissent les habitants des lacs? Cette couleur est la même que la couleur de la lumière réfléchie. Je l'ai constaté directement dans le lac Léman, le lac bleu par excellence, en me plongeant sous l'eau à quelques mètres de profondeur en plein lac et en me voyant éclairé de toutes parts d'une brillante lumière bleue, dont je ne puis donner une meilleure idée qu'en la comparant à la lumière azurée que l'on admire dans les grottes creusées dans la glace d'un glacier. Les expériences de laboratoire montrent la couleur bleue du rayon lumineux qui a traversé une épaisseur suffisante d'eau ; elles confirment mon observation (2).

La lumière qui éclaire la région supérieure des lacs, et pénètre plus ou moins dans la profondeur, a donc la même couleur que la lumière réfléchie par la masse du lac. Cette couleur est assez différente d'un lac à l'autre.

Voici quelle est la couleur d'un certain nombre de lacs Subalpins telle que je l'ai appréciée en naviguant sur leurs eaux, de 1874 à 1883. Je désigne les nuances par les qualificatifs *bleu*, *bleu-vert*, *vert-bleu*, *vert*, suivant que la teinte était plus ou moins bleue ou verte. Quelques uns de ces lacs sont qualifiés de deux nuances différentes : c'est le fait de deux appréciations différentes faites dans divers voyages.

Lac.	*Couleur des eaux.*
Bourget	bleu-vert
Annecy	bleu
Léman	bleu

(1) J. Le Conte attribue cette plus grande limpidité des eaux du lac Tahoe à l'absence de véritables glaciers à la source des affluents de ce lac ; les masses de neiges, qui persistent toute l'année dans les gorges profondes de la Sierra Névada, sont à l'état de névé, et ne fournissent pas de véritables eaux glaciaires. (in litt. 9 avril 1884).

(2) Ne soyons cependant pas trop affirmatif; les expériences de laboratoire signalent la couleur bleu-azurée du rayon lumineux transmis à travers une couche suffisante d'eau pure, d'eau distillée avec des précautions infinies. Sitôt que la moindre impureté souille l'eau, le rayon transmis prend des teintes vertes et même jaunes. Voyez à ce sujet les études récentes de Spring (CXXVII), Le Conte (XI) et Soret (CXXVIII). Lorsqu'à l'aide d'un miroir, plongé dans l'eau sous un angle de 45°, je regarde la couleur de la lumière transmise à la surface du lac Léman, je lui voit une teinte bleue-verte ou verte-bleue, bien différente de la couleur bleue pure du rayon vertical.

Lac.	*Couleur des eaux.*
Joux	vert
Neuchâtel	bleu-vert ; vert-bleu
Morat	vert
Bienne	vert-bleu
Thoune	bleu-vert; vert-bleu
Brienz	vert
IV-Cantons	vert-bleu
Walenstadt	vert-bleu, vert
Zurich	vert-bleu; vert
Constance	vert-bleu
Majeur	vert-bleu

B. RAYONS ACTINIQUES.

Les rayons chimiques, qui dominent dans la partie la plus réfrangible du spectre solaire, ont une grande importance pour la vie; leur action préside au développement des chromophylles chez les plantes, et à celui des pigments chez les animaux. Ces rayons actiniques sont absorbés par l'eau, et ils cessent d'agir à une profondeur déterminée, variable avec les conditions; c'est ce que j'ai démontré par le moyen de la méthode photographique.

Mon manuel opératoire *(Mat. VII)* est le suivant: Je porte une feuille de papier sensibilisé au chlorure d'argent, en la protégeant contre la lumière, jusqu'au point du lac où je veux expérimenter; là j'attends la nuit; je place alors la feuille sensibilisée dans un appareil convenable, que je descends dans le lac, et que je laisse reposer sur le fond à une profondeur que je mesure. Une bouée me permet de le retrouver plus tard, et je vais le relever, de nuit aussi, après une ou plusieurs fois 24 heures d'exposition dans le lac. L'appareil est disposé de telle sorte que le papier sensibilisé est soumis à l'action de la lumière sur une moitié seulement, qui n'est couverte que par une lame de verre transparent, tandis que l'autre moitié est masquée par un écran opaque, et reste non-impressionnée. Si les rayons solaires ont agi, le papier est coloré en brun dans la moitié non-protégée, et il est d'autant plus coloré que l'action actinique a été plus énergique. Je fixe alors l'épreuve avec l'hyposulfite de sodium, et je la conserve pour la comparer à loisir avec d'autres épreuves prises dans d'autres conditions, ou avec une échelle de tons.

Voici les résultats des expériences que j'ai faites par cette méthode en 1873 et 1874; l'effet photographique est indiqué par les numéros d'une échelle allant de 0 pour l'effet nul, à 100 pour l'effet maximal, chaque numéro de l'échelle correspondant à l'effet produit par l'exposition à l'air, en plein soleil de juillet, pendant 5 secondes de temps.

Été			Hiver		
Date	Profondeur	Effet photographique	Date	Profondeur	Effet photographique
23 juillet 1873	2 m.	100	22 décembre 1873	40 m.	5
30 juin »	27	1.5	23 » »	50	7
11 juillet »	40	1	23 février 1874	50	20
21 juillet »	50	0	20 janvier »	68	0.6
25 juin »	60	0	15 février »	80	0.4
			8 mars »	93	0.2

Si j'appelle *limite d'obscurité absolue* la profondeur à laquelle les rayons solaires, agissant pendant un jour au moins, cessent d'impressionner le chlorure d'argent, cette limite sera d'après ces expériences, approximativement à:

45 m. de profondeur pendant l'été [1].
100 » » » » l'hiver.

Il y a donc pour l'action chimique, aussi bien que pour l'action lumineuse des rayons solaires, une absorption énergique par l'eau des lacs, et on peut admettre que, dans la région très-profonde des lacs, il règne au point de vue actinique une obscurité absolue, une atténuation complète de l'action chimique de la lumière. Quant aux variations de la limite de cette obscurité absolue, qui est plus profonde en hiver qu'en été, je dois les attribuer à la même cause que les variations de la lumière, essentiellement à la plus grande abondance des poussières organiques en suspension dans l'eau, qui, pendant l'été, forment, surtout dans les couches supérieures du lac, de véritables nuages, arrêtant ou absorbant les rayons lumineux.

---

[1] Mon ami, le Dr. Asper de Zurich a, le 3 août 1881, répété ces expériences photographiques dans le lac de Zurich (c). Il a plongé pendant 24 heures, à des profondeurs de 40 et 90 m. des plaques photographiques d'émulsion au bromure d'argent. Ces plaques, même les plus profondes, à 90 m., ont été fortement impressionnées. De nouvelles expériences faites par le même auteur dans le lac de Walenstadt jusqu'à 140 m. de profondeur ont donné le même résultat (IV). Cela démontre la pénétration des rayons actiniques à une profondeur beaucoup plus grande que celle indiquée par mes expériences. Cela était du reste à prévoir, étant connue la sensibilité prodigieuse de ces plaques. Je n'ai pas répété ces expériences, car, réflexion faite, je préfère encore la méthode des papiers au chlorure d'argent. Les plaques d'émulsion au bromure d'argent sont trop sensibles; j'ai constaté qu'elles sont affectées par une minute d'exposition à la lumière des étoiles. Puis, l'effet photographique sur deux plaques différentes est difficilement comparable, en raison de la manœuvre intermédiaire du développement, dont il est impossible de régler l'action d'une manière absolue.

De nouvelles expériences faites sur le lac Léman par le prof. H. Fol de Genève, pendant l'été de 1884, confirment les recherches d'Asper; elles montrent, par l'emploi des plaques au bromure d'argent, une pénétration beaucoup plus profonde de la lumière que celle que m'avait donnée l'emploi des papiers au chlorure d'argent. Des plaques descendues à 170 m. ont été impressionnées par la lumière (CXL).

On sait que l'intensité maximale de l'action chimique dans les diverses parties du spectre est différente suivant la substance exposée aux rayons lumineux; on sait, par exemple, que les sels d'argent sont affectés au maximum dans le violet, et l'ultra-violet du spectre (E. Becquerel), tandis que la chlorophylle végète le plus activement dans le rouge, l'orange et le jaune, qu'elle végète faiblement dans le bleu, et peu ou pas du tout dans le vert (Th. W. Engelmann). Il n'y a donc pas moyen d'appliquer à une substance sensible quelconque, à la chlorophylle par exemple, les chiffres absolus obtenus par l'expérience avec le chlorure d'argent pour la limite de l'obscurité actinique. S'il est permis de conclure par analogie, il est probable que, dans l'eau bleue ou verte de nos lacs, cette limite sera moins profonde pour la chlorophylle que pour les sels d'argent.

§ V. Composition chimique de l'eau.

Lac Léman. Nous possédons un certain nombre d'analyses de l'eau du lac Léman. Voici celles qui sont à ma connaissance :

1° Analyses de Tingry [1] faites sur de l'eau puisée à Genève le 1er février et le 5 août 1808 (XIII).

2° Analyse de Ste-Claire Deville, faite sur de l'eau puisée près de la machine hydraulique de Genève, le 30 avril 1846 (XIV).

3° Analyse de L. Michaud. Eau du lac prise en dehors du port de Genève, le 25 février 1854 (XV).

---

[1] Voici les chiffres originaux de Tingry. Ils sont en général reproduits d'une manière incomplète ou erronée :

Dans 50 livres, poids de marc.

	1er février	5 août
Température de l'eau, échelle commune . . .	11°	18°
Température de l'air extérieur	7	16.6°
Gaz dénué de gaz acide carbonique	16.5 pouces	19.5 pouces
Partie extractive, résineuse	3.5 grains	3 grains
Carbonate de chaux	28 „	37.5 „
Carbonate de magnésie	3 „	3.5 „
Muriate de magnésie	3.5 „	4.5 „
Sulfate de chaux	19 „	13.5 „
Sulfate de magnésie	16 „	16 „
Argile siliceuse	1 „	0.5 „
Total des produits sans les gaz :		
de 50 livres d'eau	1 gros 2 grains	1 gros 6.5 grains
de 2 „ „	2 grains	3 grains

4° Analyse du professeur G. Ville [1], date inconnue, avant 1870 (XVI).

5° Analyse E. Risler et J. Walter. Eau recueillie le 18 septembre 1872 devant Nyon en plein lac (XVII).

6° Analyses Lossier (XVIII) au nombre de quatre, à savoir:

No. I. Eau prise à la machine hydraulique de Genève, le 30 janvier 1878.

No. II. Eau prise à la jetée du port de Genève, le 21 avril de la même année.

No. III. Eau prise au même endroit le 31 mai.

No. IV. Eau prise à la machine hydraulique le même jour.

7° Enfin j'indiquerai une analyse faite par le Dr. R. Brandenbourg, à Lausanne, sur de l'eau puisée dans le lac, devant Ouchy par 250 m. de profondeur, le 26 juillet 1877, (*Mat. XLIV*); je reviendrai plus loin sur cette analyse.

Ces travaux sont assez concordants dans leurs résultats généraux. Voici le résidu fixe pour un litre d'eau de ces diverses analyses, et de quelques autres, dont je n'ai que la somme totale.

Résidu fixe de l'eau du Léman, par litre,

Tingry	1 février 1808	160.4	mllgr.
»	5 août 1808	170.1	»
Ste-Cl. Deville . . .	30 avril 1846	182.0	»
L. Michaud	25 février 1854	182.7	»
id. (XIX)	date inconnue	176	»
G. Ville	date inconnue	186.4	»
Risler et Walter . . .	18 septembre 1872	170.0	»

[1] Voici les chiffres de cette analyse que je crois inédite:

	pour dix litres d'eau	
Acide carbonique des bicarbonates	94	milligrammes
» » des carbonates neutres . .	341	»
Chlore	24	»
Acide sulfurique	390	»
Acide nitrique	140	»
Silice	34	»
Alumine et Oxyde de fer	36	»
Chaux	638	»
Magnésie	107	»
Potasse	28	»
Soude	12	»
Ammoniaque	2	»
Azote des matières organiques	2	»
total	1848	milligrammes
Résidu obtenu par évaporation	1864	»

Lossier	I. . . .	30 janvier	1878	168.8 mllgr.
id.	II. . . .	21 avril	»	167.6 »
id.	III. . . .	31 mai	»	179.7 »
id.	IV. . . .	»	»	183.7 »
L. Michaud	(xx) . . .	mars	1884	174.5 »
id.	(xx) . . .	»	»	176.0 »

La somme des résidus fixes varie de 160 à 186 milligrammes par litre ; elle est en moyenne de 175.2 mllgr.

Les différences qui séparent ces diverses analyses, au point de vue du résidu total, ne sont pas très-considérables, étant donnée la différence des époques et des méthodes diverses. Elles ne dépassent guère celles que nous constatons dans les quatre analyses faites par le même chimiste, M. Lossier, dans les diverses saisons d'une même année; les chiffres extrêmes qu'il a trouvés sont 168.8 et 183.7 milligrammes par litre.

Quelle est la composition exacte des eaux du lac? Peut-on de ces analyses tirer des conclusions sur la constance ou variabilité de la composition chimique du lac? Pour répondre à ces questions, j'ai réclamé l'aide de mon cousin, M. Sylvestre Forel, chimiste à Mulhouse, et je l'ai prié de réduire ces diverses analyses à un même type, permettant une comparaison. Voici le résultat de son travail :

Il laisse de côté les analyses Tingry, Michaud et Ville, qu'il n'a pas pu ramener au type général adopté par lui. Il accepte comme comparable aux autres l'analyse Brandenbourg, dont nous parlerons plus loin. Il écarte pour obtenir ses moyennes définitives les chiffres marqués d'un astérisque qui s'éloignent trop de la moyenne des analyses. Il estime les plus sûres les analyses de Lossier et celle de Brandenbourg.

Le tableau donne les poids en milligrammes par litre d'eau.

Milligrammes par litre	Tingry		St-Cl. Deville	Ls. Michaud	Ville	Risler Walter	Lossier				Brandenbourg	Moyenne S. Forel
	I	II					I	II	III	IV		
Chlor. de Sod. et Pot.	* 3.0	* 3.0	2.1	* 2.5	* 4.9	1.2	2.3	1.8	1.7	1.9	1.7	1.8
Sulfate de Sodium	—	—	14.1	* 4.2	* 2.0	14.0	13.7	4.8	21.6	24.7	11.8	15.0
Sulf. d'Ammoniaque	—	—	—	—	* 0.5	—	traces	—	—	traces	—	traces
Chlor. de Calcium	* 9.0	* 9.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nitrate de Calcium	—	—	* 6.9	* 16.2	* 21.2	—	0.5	2.4	0.7	0.4	—	1.0
Sulfate de Calcium	* 83.8	* 68.8	47.4	* 69.2	* 63.9	45.7	51.2	59.4	42.4	41.7	47.2	47.9
Carbonate de Calc.	* 16.6	* 44.6	74.7	* 16.4	* 54.1	74.4	66.1	64.1	83.8	84.8	69.7	73.9
Carbon. de Magnés.	* 38.8	* 37.8	9.1	* 5.5	* 22.5	9.9	19.7	22.5	23.4	22.7	11.9	17.0
Silice	—	—	* 23.8	* 23.8	* 3.4	1.6	4.0	3.9	1.8	2.2	8.5	3.7
Alumine, ox. de Fer	—	—	3.9	* 3.8	* 3.6	1.1	—	—	—	—	0.8	1.9
Mat. organ., pertes	—	—	—	* 0.2	—	* 0.8	14.9	14.5	7.5	8.7	13.8	11.9
Total	*148.3	*161.7	182.0	*141.8	*178.1	148.7	172.4	173.4	182.5	187.1	165.4	174.1

Les différences assez importantes qui séparent ces diverses analyses peuvent tenir :

a) à des erreurs d'analyse, ou à des différences de méthode.

b) à des circonstances locales, suivant la localité et l'époque où les eaux ont été puisées.

c) à des variations dans la composition de l'eau du lac.

La masse du lac est tellement considérable que les variations annuelles et accidentelles doivent être bien faibles. Etant donné un cube de 70 mille millions de mètres cubes, comme celui que j'attribue au Léman, chaque milligramme par litre, en plus ou en moins dans les matières dissoutes, représenterait une différence de 70000 tonnes de 1000 kilogrammes dans la masse totale de ces matières, dans l'ensemble du lac. Il est évident que la prédominance accidentelle de l'un ou de l'autre affluent, dont l'eau, par suite de la composition minéralogique du bassin de réception, est chargé de plus ou de moins de tel élément chimique, doit déterminer des changements dans la composition des eaux du lac. Mais ces changements doivent être si faibles, qu'on peut admettre que l'eau du Léman est dans un état de fixité dans sa composition chimique. C'est ce qu'ont très-bien montré les analyses du professeur W. Weith, de Zurich (XXI), qui a fait entrer le lac Léman dans une série d'études sur la composition chimique des eaux de la Suisse. Il détermine la quantité d'acide nécessaire pour décolorer une solution alcoolique d'alizarine ; par un calcul fort simple [1] il en conclut à la quantité d'acide carbonique lié, ou à la quantité de carbonate de calcium, que contient l'eau.

Il a répété ces expériences en octobre 1879, au milieu du lac Léman entre Montreux et Bouveret, dans le port de Montreux, à 60 m. en avant du château de Chillon, dans le port de Genève et enfin dans le Rhône à Genève, puis en mars 1880 à 60 m. en avant de Villeneuve, et enfin devant Montreux. Partout il a trouvé la même composition de l'eau qui contenait :

Acide carbonique lié	38.1	milligrammes par litre.
Carbonate de calcium	86.5	» » »

Dans un seul cas il a trouvé une proportion différente c'est dans le port de Villeneuve, où il a constaté:

Acide carbonique lié	49.5	milligrammes par litre.
Carbonate de calcium	111.5	» » »

Mais Weith attribue cette différence aux eaux du torrent de la Tinière, très--riches en carbonates, qui se mélangent aux eaux du lac près de la station. Les eaux de la Tinière contiennent 150 milligrammes de carbonate de calcium par litre.

---

[1] Une proportion de $^1/_{100}$ de solution d'acide chlorhydrique à 0.36 pour mille décolore l'alizarine, dans une eau qui contient par litre 0.5 milligrammes de carbonate de calcium, ou 0.22 milligr. d'acide carbonique lié (W. Weith).

Cette constance de la composition chimique des eaux d'un lac est aussi bien démontrée par une série de 24 analyses faites par Weith sur les eaux du lac de Zurich (XXI), dans tous les mois de l'année 1879 à 1880. La proportion de carbonate est restée d'une constance remarquable, les extrêmes dans la quantité de carbonate de calcium étant:

Maximum	124.5	milligrammes par litre
Minimum	116.0	» » »

En opposition à cette constance de l'eau des lacs, il a observé dans les rivières les plus grandes variations dans la composition de l'eau, à différentes saisons. En voici quelques exemples, basés toujours sur la proportion de carbonate de calcium.

Rhin des Grisons	14 août	60.5	millgr. par litre.
»	14 novembre	98.0	» » »
»	2 janvier	108.0	» » »
»	12 avril	130.0	» » »
Rhône à Massongex	8 octobre	68.0	» » »
»	9 février	103.0	» » »

Quelques exemples montreront aussi la différence de composition des divers affluents d'une même rivière. Je les choisis parmi les analyses de Weith, dans celles du Rhône et de ses affluents, tous étudiés en octobre 1879.

Rhône	Bouveret	72.5	mllgr. de $CaCO^3$ par litre.
Avençon	Bex	116.0	» » »
Salanfe	Vernayaz	70.5	» » »
Trient	id.	45.5	» » »
Tinière	Villeneuve	150.0	» » »

Une autre démonstration de la constance de la composition chimique des eaux lacustres peut se tirer des comparaisons faites par W. Weith des résultats analogues des eaux du lac de Zurich, avec des analyses plus anciennes (XXI). Il nous offre les chiffres des analyses de Moldenhauer, janvier 1857, Wislicenus et Meister, 1866 et 1867, les siennes enfin, 1879 et 1880.

Les analyses de 1857 ont été faites sur de l'eau puisée sous la glace; elles ont donné 54.1 milligr. par litre d'acide carbonique combiné. Si l'on prend dans les analyses de Weith celles qui ont été faites dans les mêmes conditions, lorsque le lac était gelé, on les voit varier entre les extrêmes de 54.1 à 54.6 milligr. par litre. C'est presque identique.

Les analyses de 1866 ont donné pour l'acide carbonique libre 0.91 à 1.85 c/m³. par litre, soit en moyenne 2.5 milligr.

la quantité totale d'acide carbonique	109.4 milligr.
et la quantité d'acide carbonique à l'état de bicarbonates	53.2 »

Les analyses de 1879 sont arrivées pour cette dernière quantité presqu'au même chiffre 52.8 milligrammes.

En somme de 1857 à 1880 les eaux du lac de Zurich n'ont pas varié.

Dans cet ordre de recherches sur la constance de la composition de l'eau d'un lac je puis encore citer les chiffres qu'a trouvés le Dr. O. Meister de Thalweil sur l'eau du lac de Zurich (XXXVI).

		Dureté de l'eau échelle française	Résidu fixe en milligrammes par litre	
			après dessiccation	après calcination
14 juin 1876	hautes eaux	—	150.4	—
juin 1877		11°	—	—
29 novemb. 1877		12°	—	—
janvier 1878	basses eaux	12°	—	124
28 mai 1878	hautes eaux	—	—	117.2
6 juin 1878	inondation	—	156	122
30 janvier 1882	très-bass. eaux	11°	156	128

Je conclus de ces recherches que l'eau d'un grand lac est dans un état de fixité presque complète au point de vue de la composition chimique.

Matières organiques. La recherche des matières organiques dissoutes dans l'eau du Léman a donné lieu à plusieurs séries d'analyses faites par la méthode de Kübel, soit la décoloration du permanganate de potasse par les matières organiques dissoutes dans l'eau. (Voyez pour les séries connues la note [1], à la page suivante.)

Je donne celles de ces analyses qui se rapportent aux eaux puisées dans le lac ou le port de Genève, en les énumérant par ordre de date, dans le courant de l'année. La quantité de matières est indiquée en milligrammes par litre, en admettant que le permanganate a décoloré un poids quintuple de matières organiques.

			mllgr.				mllgr.
30 janvier	1877	Lossier	14.9	21 mai	1882	Marignac	6.30
mars	1884	Michaud	5.9	26 »	»	Hahn	7.6
»	»	»	6.1	31 »	1877	Lossier	7.5
6 avril	1882	Marignac	6.95	24 juin	1881	Graebe	15.1
11 »	»	»	7.60	28 »	»	»	7.2
13 »	»	»	8.20	10 juillet	»	»	11.2
16 »	»	»	7.62	21 »	»	»	23.9
18 »	»	»	6.30	29 septemb.	»	»	16.2
21 »	»	»	5.70	30 »	»	»	10.0
21 »	1877	Lossier	14.5	10 octobre	»	»	6.4
23 »	1882	Marignac	6.95	12 décembre	»	»	5.6
2 mai	»	»	8.85	25 »	»	Hahn	8.8

En réunissant ces chiffres, on voit qu'en hiver et au printemps, dans les eaux de surface, la quantité de matières organiques est en moyenne de 7.9 milligrammes par litre; qu'en été, elle est en moyenne de 12.9 milligr. par litre d'eau; que la proportion varie ainsi notablement de l'été à l'hiver. Cette variation est intéressante; elle mériterait d'être mieux constatée, afin que l'on pût rechercher si la cause en est dans la plus grande activité de la vie organique pendant l'été, ou bien dans le mélange des eaux profondes, qui arrivent en hiver à la surface par suite des courants de convection thermique (²).

Gaz dissous. Quant aux gaz dissous dans l'eau du Léman, voici les chiffres que nous donnent les analyses d'eau de la surface, exprimés en centimètres cubes par litre. Je les énumère par ordre des températures de l'eau.

	Température	Oxygène	Azote	Ac. carbonique
		c m³.	c/m³.	c/m³.
Risler et Walter	19.6°	6.80	11.87	2.88
Lossier IV	10.0	5.62	13.67	12.04
» II	9.7	9.50	17.35	9.90
» III	9.5	4.98	13.71	12.52
Ste-Claire Deville	8.7	8.4	18.4	8.0
Lossier I	6.6	10.38	17.16	4.61
Michaud	?	9.0	15.5	9.7

L'eau de la surface est en rapport tellement intime avec l'air que l'on peut la croire saturée. C'est ce qui a lieu en effet. D'après la formule de Bunsen l'eau en contact avec l'air atmosphérique, par une pression de 730 m/m. de mercure (pression moyenne à la surface du Léman) contiendrait à saturation, en centimètres cubes par litre:

(¹) Je connais les séries suivantes:
Lossier. 6 analyses du 30 janvier au 31 mai 1877 (CI).
C. Graebe et Ph. Guye. 22 analyses du 24 juin au 12 décembre 1881 (CII).
C. Marignac. 18 analyses du 6 avril au 21 mai 1882 (CIII).
C. Hahn. 8 analyses du 25 décembre 1881 au 26 mai 1882 (CIV).
L. Michaud. 2 analyses. 1re quinzaine de mars 1884 (CV).
Voir encore le travail récent de M. Ch. Marignac (CXXXVII).

(²) Dans la séance du 17 avril 1884 de la société de physique et d'hist. nat. de Genève, M. le prof. Ch. Marignac a lu un travail sur les matières organiques contenues dans l'eau du lac Léman (CXXXI, CXXXVII): d'après ces recherches, les variations paraissent en rapport avec la hauteur du lac.
La quantité de matières organiques, révélées par le permanganate de potasse, a varié:

dans les extrêmes	de	2.10	à	9.15	mllgr. par litre
dans les moyennes mensuelles	de	3.55	à	8.35	„ „ „
la moyenne générale étant				5.55	„ „ „

	Oxygène	Azote	Acide carbonique
à 5°	7.3	13.6	0.6
à 10°	6.5	12.2	0.5
à 20°	5.7	10.7	0.3

En comparant ces chiffres aux résultats des analyses, je constate que ces dernières indiqueraient un état de saturation et souvent même de sursaturation pour l'oxygène et pour l'azote, et un excès énorme pour l'acide carbonique [1].

Eau des profondeurs. Cette composition de l'eau de surface se maintient-elle dans les profondeurs du lac, ou bien varie-t-elle et de quelle manière?

A priori on peut dire que la composition de l'eau doit peu varier dans un lac, dès la surface vers les profondeurs. En effet, ce que nous savons de la température nous prouve qu'il y a, en hiver, circulation thermique ou convection de la surface jusqu'au fond du lac, que par conséquent la densité de l'eau des grands fonds ne peut être différente de celle de la surface; que, par conséquent aussi, l'eau des grands fonds n'est pas autre chose que de l'eau de surface transportée, mécaniquement ou par convection thermique, au fond de la cuvette du lac. Au point de vue des substances inorganiques dissoutes, la différence ne peut être grande; elle doit être nulle.

Pour ce qui regarde les matières organiques dissoutes, il est possible que l'on y trouve une certaine différence. En effet les faits de convection thermique et mécanique, qui amènent l'eau de la surface dans les grands fonds, n'ont lieu que dans l'automne et l'hiver; par conséquent pendant tout le printemps et l'été, l'eau est immobilisée dans les couches inférieures du lac; d'une autre part, si l'hiver est peu froid, la convection thermique n'agit que sur les couches supérieures, et ne descend pas jusqu'aux plus grands fonds du lac. D'après cela l'eau de la région profonde reste, au moins pendant six mois chaque année, et celle de la région très-profonde souvent pendant une ou plusieurs années, sans rapports avec la surface. Pendant ces périodes de repos, les matières organiques dissoutes dans l'eau demeurent en

---

[1] Voici quelques chiffres un peu divergents des précédents; je les donne ici à titre de renseignements. Le Dr. Pauly (XCII) recueillit les bulles de gaz qui perlaient sur les pierres et végétaux de la région littorale du lac de Ferchen, et il soumit cette masse gazeuse à l'analyse du Dr. Tappeiner de Munich. Celui-ci constata la proportion suivante:

Azote	834
Oxygène	166
Acide carbonique	traces
	1000

J'avoue ne pas très-bien comprendre ce qu'était ce mélange gazeux. Si c'était le gaz dissous dans l'eau il aurait dû contenir plus d'acide carbonique. Si c'était le gaz excrété par les plantes végétant sous l'eau il aurait dû contenir moins d'azote.

contact avec l'oxygène de l'eau; elles sont oxydées et doivent disparaître. La proportion des matières organiques doit être dans ces conditions plus faible dans les grands fonds qu'à la surface [1].

Quant aux gaz dissous, les mêmes raisonnements, qui nous font considérer l'eau du fond comme étant identique à l'eau de surface, nous font croire que les mêmes gaz doivent s'y trouver, ou à peu près, dans les mêmes proportions. Mais là aussi la proportion de ces gaz doit être modifiée par les phénomènes de combustion des matières organiques dissoutes dans l'eau et par les phénomènes de respiration animale [2]. Il doit donc y avoir probablement, relativement à la surface, déficit d'oxygène et excès d'acide carbonique.

Telles sont les probabilités; elles sont vérifiées par les analyses que nous possédons de l'eau des grands fonds du lac.

La première est due au Dr. R. Brandenbourg. Elle a porté sur de l'eau puisée par moi-même, devant Ouchy, le 26 juin 1875. (*Mat. XLIV.*)

Eau du Léman. *250 mètres de profondeur devant Ouchy* (dans un litre d'eau).

SiO_2	8.5	milligr.	SiO_2	8.51	milligr.
Al_2O_3	0.8	»	Fe_2O_3, Al_2O_3	0.75	»
Ca	42.1	»	Ca O	58.95	»
Mg	3.4	»	Mg O	5.64	»
Na	3.8	»	Na_2O	5.15	»
SO_1	40.4	»	K_2O	0.92	»
Cl	0.8	»	SO_3	33.64	»
CO_3	51.2	»	Cl	0.79	»
NO_3	0	»	CO_2	37.51	»
CO_2 libre	26.6	c/m³	mat. org., pertes	13.8	»
				165.66	milligr.

Comparées avec les chiffres de l'eau de surface, les valeurs trouvées par Brandenbourg pour l'eau des profondeurs ne diffèrent que peu, les différences ne dépassant pas l'incertitude de telles analyses. S. Forel, dans le travail ci-dessus indiqué, a jugé ces analyses parmi les meilleures que nous possédions des eaux du Léman.

Les substances minérales dissoutes sont donc les mêmes, et dans les mêmes proportions, au fond et à la surface.

Les analyses de W. Weith sur l'eau du lac de Zurich confirment cette constance de la composition chimique de l'eau aux diverses profondeurs. Voici les quantités de carbonate de calcium qu'il a trouvées en novembre 1879 (XXI):

---

[1] De là peut être la plus faible proportion des matières organiques dans les eaux d'hiver, qui sont des eaux du fond ramenées à la surface par la convection thermique de l'automne et de l'hiver.

[2] La vie végétale est nulle dans les grands fonds.

Zurich	surface	117.5 milligr. par litre
Herrliberg	20 m. de prof.	117.0 » » »
»	40 »	117.5 » » »

Pour les matières organiques contenues dans les eaux de la profondeur du Léman, nous ne pouvons pas les apprécier, l'analyse Brandenbourg, ni aucune analyse à moi connue, ne les ayant séparées.

Quant aux gaz dissous dans l'eau profonde, nous ne possédions jusqu'à présent qu'une seule analyse. Elle a été faite par M. R. Brandenbourg sur de l'eau puisée le 1er avril 1876 par 200 m. de profondeur, devant Morges (*Mat XLIV*). Voici les quantités de gaz, en c/m³ par litre, réduites à 0° et à 760 m/m. de mercure de pression.

Oxygène	2.3 c/m³ par litre
Azote	7.7 » » »
Acide carbonique	20.6 » » »

La somme des gaz est de 30.6 c/m³. soit à peu près la même quantité que dans l'eau de surface. La moyenne des analyses Risler, Ste-Cl. Deville et Lossier donne 31.3 c/m³. Quant aux proportions des gaz voici ces chiffres, comparés aux extrêmes des mêmes analyses.

		O	N	CO_2
Eaux de surface	Maximum	10.4	18.4	12.5
» » »	Minimum	5.0	11.9	2.9
Eaux du fond	(Brandenbourg)	2.3	7.7	20.6

D'après cela dans les eaux de la profondeur il y aurait déficit d'oxygène et d'azote et grand excès d'acide carbonique.

Je dois à l'obligeance du professeur J. Walter, chimiste cantonal à Soleure, communication d'une série très-intéressante d'analyses des gaz contenus dans l'eau du lac à différentes profondeurs (IV). Il l'a extraite, en ma faveur, d'un travail d'ensemble sur la composition chimique des eaux du lac Léman, travail dont la publication ne se fera pas longtemps attendre. Cette série se rapporte à de l'eau que nous avons puisée le 30 novembre 1880, devant Cuchy, à l'aide d'une bouteille de l'invention de M. Walter.

Voici les quantités qu'il a trouvées, exprimées en centimètres cubes de gaz par litre d'eau:

Profondeur	Température	O	N	CO_2	Total
0 m.	9.1°	6.85	14.96	2.85	24.66
60	7.7	7.46	15.74	2.90	26.10
100	5.5	6.78	15.03	6.64	28.45
150	4.9	6.98	14.61	6.22	27.81
200	4.8	7.62	15.88	5.55	29.05
300	4.7	7.08	15.94	5.28	28.30

Ces chiffres venant du même chimiste, calculés par la même méthode, sont parfaitement comparables. Voici les principaux résultats de cette comparaison:

1° La quantité d'oxygène ne varie pas sensiblement dès la surface aux grands fonds.

2° La quantité d'azote est à peu près la même dans toute l'épaisseur du lac.

3° La quantité d'acide carbonique, faible à la surface, atteint son maximum à 100 m., où elle est plus du double de la quantité de la surface; à partir de 100 m., elle décroît régulièrement jusque dans les plus grands fonds.

La faible proportion de l'acide carbonique, dans les échantillons d'eau de la surface et de 60 m., s'explique facilement par des phénomènes de convection; au 30 novembre l'eau de la surface était descendue par convection, ensuite du refroidissement automnal [1], jusqu'à plus de 60 m. de profondeur. L'eau que nous prenions à 60 m. était donc de l'eau qui venait de la surface, où elle avait été en contact avec l'atmosphère et où elle s'était débarrassée de l'excès de son acide carbonique. Quant à la diminution de la quantité d'acide carbonique, à partir du maximum à 100 m. jusqu'aux plus grands fonds, je suis disposé à l'attribuer à la moins grande richesse de la faune profonde dans les très-grands fonds; l'acide carbonique, dû essentiellement à la respiration animale, doit être produit en plus grande abondance là où la faune est la plus nombreuse. Un fait qui parle en faveur de cette interprétation, c'est l'accroissement inverse de la quantité d'oxygène dissous dans l'eau, dans les échantillons de Walter de 100, 150 et 200 m.; malheureusement la démonstration n'est pas complète et cet argument est infirmé par le chiffre de l'oxygène dans la dernière analyse, celle de 300 m., dont la quantité d'oxygène est plus faible, au lieu d'être plus forte que celle de l'échantillon de 200 m.

Quoiqu'il en soit, on voit par ces premiers chiffres le grand intérêt du travail de Walter, et nous attendons avec une légitime impatience la publication de ses résultats entiers, et des nombreuses analyses qu'il a faites dans cet ordre de recherches.

— Pour la composition chimique des eaux des autres lacs suisses, j'ai pu recueillir fort peu de renseignements.

Voici d'abord une série de chiffres comparables entr'eux, déterminés par le professeur W. Weith de Zurich (XXI). Il a recherché la quantité d'acide carbonique dissous dans l'eau, soit sous la forme d'acide carbonique, soit sous la forme de carbonate. Les chiffres sont indiqués en milligrammes par litre. Outre les grands lacs de la plaine, Weith nous donne les mêmes valeurs pour quelques lacs de montagne.

---

[1] Cela est prouvé par l'étude des températures; les sondages thermométriques, que j'ai faits ce jour-là, ont donné à 50 m. comme à 60 m. la même température, 7.7°. Cette uniformité de température ne peut être dûe qu'à des faits de convection automnale.

	Ac. carb.	Carbonates		Altitude	Ac. carb.	Carbonates
Lacs de plaine:			**Lacs de montagne:**			
Lac Majeur	15.6 mllg.	35.5 mllg.	Lac de l'hosp. St-Gothard	2090 m.	0.2 mllg.	0.5 mllg.
» Brienz	29.9	68.0	Lago oscuro »	2090	1.2	3.0
» Léman	38.1	86.5	Silzersée, Engadine	1796	15.2	34.5
» IV-Cantons	38.1	86.5	Silvaplana, »	1794	19.1	43.5
» Thoune	39.6	90.0	Laghetto, San Bernardin	2060	44.0	100.0
» Walenstadt	41.8	95.0	Cauma près Flims	1000	48.6	110.5
» Lugano	47.1	107.0	Arosa supérieur	1740	49.1	111.5
» Constance	52.1	118.5	Aegeri	726	52.8	120.0
» Zurich	52.8	120.0	Heidesée (Lenzerheide)	1493	64.7	147.0
» Zoug	53.9	122.5				
» Neuchâtel	57.6	131.0				
» Bienne	73.3	166.5				
» Morat	98.6	224.0				

Lac de Neuchâtel. M. le prof. Dr. O Billeter de Neuchâtel, a eu l'obligeance de me communiquer les résultats de deux analyses partielles faites sur les eaux de son lac. Elles portent:

a) Eau du 20 novembre 1882, puisée à 1 km. en avant et à 60 m. de profondeur.
b) Eau puisée le 22 novembre 1883 près du bord à 3 m. de profondeur.

	a	b
Résidu d'évaporation à 120 ° . .	165 mllgr.	(?) 250 mllgr. par litre
Résidu de calcination	120 »	144 »
Azotates et azotites	3.5 »	
Ammoniaque	traces	
Sulfates et chlorures	presque 0	
Carbonates terreux CO_3 Ca . . .		113.5 »

L'analyse ci-dessus mentionnée de W. Weith donnait pour les carbonates le chiffre de 131 milligrammes par litre.

Une analyse des eaux du lac de Neuchâtel a donné à Michaud, 281 milligrammes par litre de résidu fixe (XIX).

Un rapport d'experts en 1883, évalue la proportion du carbonate de chaux à 130 milligrammes par litre [1] pour les eaux du lac de Neuchâtel (LXVII).

[1] Ce chiffre est probablement tiré des analyses de Weith.

— Voici l'analyse des eaux du **lac de Zurich** d'après C.-F. Moldenhauer (LXVIII).

Sulfate de potassium	6.3	mllgr. par litre
» de sodium	6.9	»
» de calcium	4.2	»
Chlorure de calcium	1.3	»
Bicarbonate de calcium . . .	141.1	»
» de magnésium . .	32.0	»
Silice	2.9	»
Somme	194.7	mllgr. par litre

D'après quelques notes extraites d'un rapport de M. A. Bürkli-Ziegler, l'eau du lac de Zurich présentait les qualités suivantes, en septembre 1867 (LXIX).

	Surface	12 m. de profondeur
Dureté transitoire	11 à 13	11 à 13
Dureté permanente	5.5 à 6.5	5.5 à 6.5
Résidu fixe (millgr. par litre)	133	146
Parties minérales »	127	142
Subst. organiques dosées par calcination	6	4
» » dosées p. le permanganate de potassium	24	23

— Voici encore l'analyse des eaux du Rhin puisées à Bâle, en automne, par Pagenstecher (LXX). Le Rhin réunissant dans son cours les eaux de l'Aar, de la Reuss et de la Limmat, le fleuve est formé par l'ensemble des eaux de la Suisse, au nord des Alpes, à l'exception de celles qui s'écoulent par le Rhône et l'Inn; c'est en particulier un mélange des eaux de tous les lacs de notre région Subalpine, à l'exception des lacs Savoyards, du Léman, des lacs de l'Engadine et des lacs Insubriens. Notons cependant qu'à ces eaux lacustres se mêlent une notable quantité d'eaux terrestres, venant des rivières, la Sarine, la Thur, etc., qui n'ont traversé aucun lac, venant aussi des ruisseaux qui, au-dessous des lacs, se sont versés dans le fleuve et ses affluents. Ces eaux de rivières doivent présenter les variations de composition qui font défaut aux eaux lacustres, et la composition des eaux du Rhin doit en être influencée.

Quoiqu'il en soit je donne ici les chiffres de l'analyse de Pagenstecher.

Eau du Rhin.

Carbonate de calcium . .	$Ca\,CO_3$	127.9	mllg. par litre.
» de magnésium .	$Mg\,CO_3$	13.5	»
Silice	$Si\,O_2$	2.1	»
Oxyde de fer	$Fe_2\,O_3$	traces	»
Alumine	$Al_2\,O_3$	traces	»
Sulfate de potassium . .	$K_2\,SO_4$	15.4	»
» de magnésium . .	$Mg\,SO_4$	3.9	»
Sulfate de sodium . . .	$Na_2\,SO_4$	1.8	»
Chlorure de sodium . . .	$Na\,Cl$	1.5	»
Matières organiques . .		3.3	»
	Somme	169.4	millg. par litre.

Pour une somme presque égale de matières dissoutes, ces eaux sont plus carbonatées et moins sulfatées que celles du Léman.

§ VI. Poussières aquatiques.

Outre les substances dissoutes, les eaux du lac contiennent en suspension des poussières dont la quantité varie, comme nous l'avons vu à propos de la transparence à la lumière. Ces poussières sont les unes plus lourdes que l'eau et tendent à tomber au fond, les autres sont plus légères et flottent à la surface.

Poussières légères. Les poussières plus légères que l'eau flottent à la surface. Je signalerai:

a) les débris organiques provenant de la dissociation des corps animaux et végétaux, ayant vécu dans le lac, ou apportés au lac par les affluents ou les vents. Parmi ces derniers je citerai en particulier les pollens de conifères qui au printemps sont amenés en nombre immense dans les lacs par l'eau des affluents, et y forment des accumulations de poussières jaunâtres désignées par les pêcheurs sous le nom de *fleur du lac* (XLVIII).

Les poussières sont souvent réunies ensemble par la couche de corps gras, que j'ai décrite ailleurs sous le nom de *taches d'huile* (XXII). Ces corps gras, dont la pellicule extrêmement mince, $^1/_{200000}$ de millimètre d'épaisseur, suffit à éteindre les rides du vent, réunissent ensemble les poussières flottant à la surface du lac.

b) Outre les poussières organiques plus légères que l'eau, l'on voit parfois flotter à la surface du lac, lorsque le temps est très-calme, des radeaux de poussières minérales, qui sont soutenues (probablement aussi sur une couche de corps gras) par des phénomènes de capillarité. Ils peuvent être entraînés par les courants en plein lac, où ils sombrent sous l'influence de la première vague qui les frappe ; nous les retrouvons au fond du lac.

Poussières lourdes. Les poussières plus lourdes que l'eau et qui tendent à tomber sur le fond sont entr'autres :

a) les poussières minérales, sous forme impalpable, tenues en suspension par l'eau, et apportées dans le lac par les affluents et torrents débordés, par les eaux glaciaires du Rhône et de la Drance.

b) la vase de la rive ou de la beine, soulevée par les vagues.

c) les poussières organiques animales ou végétales, cadavres ou débris de cadavres animaux et végétaux, débris de toute espèce entraînés par les eaux. Cette poussière organique a presque la même densité que l'eau, aussi flotte-t-elle longtemps entre deux eaux ; mais elle s'imbibe progressivement d'eau et finit par sombrer au fond du lac.

— Voici la composition du résidu de filtration de quelques litres d'eau puisés devant Morges, le 26 septembre 1869, par un temps calme ; le trouble de l'eau était tel que la limite de visibilité était à 1.2 m. Ce résidu était composé de :

a) poussières amorphes, vase;

b) algues, diatomées, vivantes et mortes ;

c) débris de végétaux, épidermes, fibres;

d) infusoires et entomostracés vivants (en très-petit nombre) ;

e) débris d'animaux, peau chitineuse de larves d'insectes, carapaces d'entomostracés ;

f) produits de l'industrie humaine, débris de fil, etc.

Les poussières aquatiques, inorganiques et organiques, tombent sans cesse au fond du lac, où elles forment l'alluvion lacustre; l'eau des grands fonds doit être, en été surtout, traversée incessamment par ces corps étrangers qui descendent en se balançant, avec des vitesses inégales ; ce doit être un spectacle analogue à celui que nous aurions dans notre atmosphère, si des nuages superposés versaient simultanément sur nous des grains de grêle, de grésil, et des flocons de neige.

§ VII. Le relief du fond des lacs.

Le relief des régions inondées est beaucoup plus simple que celui des régions exondées. Les faits d'érosion, qui accentuent le relief de la terre ferme, sont réduits à rien dans le domaine des eaux dormantes ; les faits d'alluvion agissent seuls, et remplissant toutes les dépressions, suppriment les inégalités. Sauf quelques accidents dûs à la charpente originale et qui n'ont pas encore été comblés, la cuvette d'un lac a une structure très-régulière. Tout lac est en général formé de trois parties distinctes.

a) Le *littoral*, ou région des côtes, constituant les bords du bassin.

b) Le *talus*, les flancs, ou parois inclinées.

c) Le *fond* du lac.

Le **littoral** a un relief assez compliqué, diversifié par les caps orographiques et les deltas d'alluvion, qui s'avancent dans le lac et séparent les golfes d'érosion ou les fjords (XXIII). Dans toutes les parties où l'érosion des vagues agit efficacement, le littoral présente des traits caractéristiques que j'ai étudiés dans un mémoire spécial (VI). Quoique cette région n'intéresse qu'indirectement la faune profonde, je suis obligé d'en dire ici quelques mots.

L'alluvion apportée dans le lac par les torrents et celle qui est enlevée à la rive par les vagues, est emportée dans le lac jusqu'à la limite d'action des vagues, et là, elle se dépose en formant un talus distinct à strates inclinées, qui s'avance progressivement dans le lac. C'est ce qu'on appelle le *mont*, qui borde en avant la *beine* (1).

Le talus du mont a généralement l'inclinaison maximale des dépôts meubles, et il est en état d'équilibre instable. Aussi lorsque une nouvelle surcharge presse sur son bord supérieur, il se produit un glissement de terrain, et une bande plus ou moins large et plus ou moins épaisse descend subitement dans les profondeurs. Les pêcheurs ont souvent assisté (à St-Prex, à Ouchy, p. ex.) à ces effondrements qui se trahissent par une violente agitation de la surface, et par de brusques dégagements des gaz enfermés dans le sol; l'eau se trouble, se charge de débris organiques, qui viennent flotter à la surface. Quand l'eau est redevenue claire, les pêcheurs peuvent constater la solution de continuité, sur le bord du mont, dont un morceau est descendu dans les profondeurs. Nous aurons à invoquer ce phénomène lorsque nous chercherons les moyens de transport des animaux, dès le littoral dans les régions profondes du lac.

Le **talus** du lac est plus ou moins incliné suivant la nature des terrains qui forment la charpente du bassin ; même aux points où la pente est la plus forte il est loin d'être vertical. Ainsi la partie la plus inclinée que je connaisse est celle qui s'étend devant le Nase (2) du lac de Thoune; la pente y a 200 m. de hauteur sur une distance horizontale de 130 m. soit une pente de 155 pour cent (XXIV). A l'ouest de Quinten, au lac de Walenstadt, on trouve une profondeur de 143 m. à 100 m. du rivage (XXIV) ; le talus rocheux a, en ce point-là, une pente de 143 pour cent. Devant le château de Chillon, au lac Léman, où il y a quelques parois rocheuses, la pente générale qui amène le lac à 80 m. de profondeur descend de 100 pour cent (XXV). Devant Rivaz, au pied des monts de Chexbres et devant le Leucon, entre Meillerie et St-Gingolph, à 500 m. du rivage, la sonde descend à 245 m. de profondeur, ce qui représente une pente de 50 pour cent (XXIV).

L'inclinaison du talus est souvent peu considérable et s'arrête aux pentes de 5, 10, ou 20 pour cent.

---

(1) L'on appelle sur le lac Léman *beine* la partie horizontale du littoral, recouverte par 2 à 4 ou 6 mètres d'eau qui s'étend entre la grève et le mont.

On appelle *mont* le talus naturel d'éboulement qui borde en avant la beine et qui va se continuer plus profondément avec le plus grand talus général du lac.

(2) Contrefort du Beatenberg entre Merligen et Neuhaus.

Quant au **fond du lac** il est le plus souvent formé par une plaine parfaitement plane et unie, sans inégalités ou dépressions. Le relief a été égalisé par les glaciers de l'époque glaciaire, qui ont supprimé les saillies, et les dépressions ont été comblées par l'alluvion. Rien n'est plus uniforme que la plaine monotone du fond de nos lacs.

Cette plaine est en général parfaitement horizontale dans une section transversale du lac; elle s'incline en pente douce dès les extrémités du lac vers la région médiane, où est ordinairement le maximum de profondeur.

Je donnerai comme exemple de la forme d'un lac régulier les profils en long et en travers du lac de Walenstadt, d'après la feuille 250 de l'atlas Siegfried. (Fig. 3 et 4).

Fig. 3. **Profil en long du lac de Walenstadt.**

Fig. 4. **Profil en travers du lac de Walenstadt.**

L'échelle des distances horizontales est de 1 : 100,000,
celle des profondeurs de 1 : 10,000.

Voici une description rapide de la forme générale des grands lacs suisses, de ceux du moins dont j'ai pu me procurer la carte hydrographique.

Lac Léman. D'après les cartes de H. de la Bêche (XXVI), de E. Pictet (XXVII) et de l'atlas Siegfried (XXIV), ce bassin est divisé en deux parties fort distinctes (XXVIII); le *Grand-lac* forme la masse principale du lac, dès son origine aux bouches du Rhône jusqu'au détroit d'Yvoire; c'est une grande cuvette, à talus fort inclinés dans la partie orientale, à talus beaucoup moins raides dans la partie occidentale. Ces talus aboutissent à la grande plaine du fond qui mesure 60 m. à chaque extrémité, et qui s'affaisse par une pente douce de 1 pour cent environ jusqu'à la plaine de plus grande profondeur, grande plaine horizontale de 315 m. de fond, située entre Ouchy et Evian; deux entonnoirs au milieu de cette plaine descendent jusqu'à 324 et 334 m. de profondeur.

Le *Petit-lac* est séparé du Grand-lac par le détroit peu rétréci d'Yvoire; sur ce détroit, le fond se relève en formant une barre de 60 m. seulement de profondeur, puis il s'enfonce dans une cuvette profonde environ de 75 m. devant Nyon. Un second seuil entre Coppet et Hermance, un troisième entre Genthod et Bellerive, séparent des cuvettes de moins en moins profondes, qui mesurent 70 et 50 m. Une dernière partie entre Genthod et le Banc du Travers de Genève ne forme pas cuvette, mais s'élève en pente douce, de 48 à 5 m. de profondeur, avec une inclinaison de 0.8 pour cent.

Le **lac de Morat** (XXIV) a des talus peu inclinés. Au point de plus forte pente, devant Guévaux, l'inclinaison ne dépasse pas 8 pour cent. Le détail le plus intéressant du relief de ce lac est l'existence, sur la ligne médiane du fond, d'une crête parallèle à la longueur du lac et qui se dirige depuis la rive S W jusqu'à la moitié de la longueur du lac. Cette arête de 10 m. environ de hauteur est relativement assez étroite. Nous allons retrouver des faits analogues dans les lacs de Neuchâtel et de Bienne. La plaine du fond du lac de Morat n'a guère que 40 à 45 m. de profondeur ; la profondeur maximale est de 48 m.

Le **lac de Neuchâtel** (XXIX) est remarquable à plusieurs points de vue. La beine, appelée par les riverains *blanc-fond*, est en général très-large ; elle mesurait avant l'abaissement des eaux du lac jusqu'à 1 1/2 km. de largeur sur la rive S E devant Estavayer, Yvonand et Chevroux ; elle dépassait 1.5 km. à l'extrémité S W du lac près d'Yverdon et 4 km. à l'extrémité N E du côté du lac de Bienne.

Les talus du lac sont le plus inclinés sur la rive N W du côté du Jura ; le point de plus grande pente, devant la pointe de Bevaix, a une inclinaison de 20 pour cent.

Le fond du lac est relativement assez compliqué par l'existence d'une colline sous-lacustre, parallèle au grand axe du lac, qu'on appelle *la Montagne* ou *la Motte* ; elle commence à être saillante entre Estavayer et St-Aubin, atteint son maximum de hauteur devant la pointe de la Reuse, et cesse fort brusquement entre Auvernier et Port-Alban ; elle mesure ainsi environ 10 km. de longueur. Son sommet était recouvert par 10 m. d'eau dans l'ancien régime du lac. Aux eaux moyennes actuelles il ne doit plus y avoir que 8.5 m. de profondeur d'eau.

Le lac est séparé par la Motte en deux bassins : le bassin Neuchâtelois, le plus profond, atteint 153 m. devant la pointe de Bevaix (XXIV) ; le bassin Fribourgeois va en s'approfondissant d'Estavayer à Port-Alban, sa profondeur varie entre 65 et 120 m. Devant Neuchâtel, les deux bassins sont réunis en une seule cuvette, qui mesure environ 130 m. de profondeur.

Lac de Bienne (XXIV). L'île St-Pierre et la petite île des Lapins, autrefois isolées au milieu des flots, sont depuis l'abaissement des eaux du lac, vers 1878, reliées à la terre du côté de Cerlier par une presqu'île qui divise le lac en deux bras. Le lac forme ainsi un Y majuscule, dont la partie commune, du côté du NE, mesure environ 75 à 80 m. de fond. Le bras S W ou bras de Neuveville, celui dans laquelle se jette la Thièle, va en s'approfondissant graduellement jusqu'à 50 m. devant Gleresse ; le bras S E ou bras de Locras forme une cuvette, dont la profondeur est de 60 m. environ.

Les talus sont assez inclinés et ils atteignent en plusieurs points une pente de 20 pour cent.

Lac de Brienz (XXIV). C'est le type d'un lac absolument régulier. Sur sa longueur de 14 km., il présente, dans sa partie médiane, un plancher horizontal de 7.5 km. de long, sur 1 à 2 km. de large, dont la profondeur uniforme est partout supérieure à 235 m., et qui atteint 261 m. au point de plus grande profondeur.

Les talus sont très-fortement inclinés sur les côtés latéraux; aux deux extrémités leur pente régulière est de 8 pour cent environ. Il n'y a aucune irrégularité, aucun accident à noter dans ce lac parfaitement symétriquement bâti.

Lac de Thoune (xxiv). La cuvette est très-régulière. Les talus latéraux sont fort inclinés; son plancher est à la profondeur de 200 m., sa profondeur maximale de 217 m. La pente des talus du lac dans le sens longitudinal, n'est que de 3 pour cent, du côté du N W; elle est plus forte du côté de l'Est, où par places, elle atteint 30 pour cent. Il n'y a du reste aucune inégalité à signaler dans ce lac, dont le bassin est plus régulier encore que ses contours extérieurs.

Lac des IV-Cantons. Une série de sondages a été faite en 1878 par le prof. A. Heim, de Zurich, dans le lac d'Uri, de Flüelen à Brunnen (xxx).

Des sondages méthodiques pour l'établissement de la carte hydrographique de l'ensemble du lac ont été exécutés en 1884 par l'ingénieur Hörnlimann, du bureau topographique fédéral; grâce à l'obligeance du colonel Lochmann, chef de ce bureau, j'ai eu communication de l'avant-projet de cette carte, dont j'extrais les faits suivants:

Partout dans ce lac les talus sont très-inclinés, et le fond presque horizontal; quelques seuils le séparent en bassins successifs; en trois ou quatre points, des hauts fonds sous-lacustres s'élèvent au milieu de la plaine horizontale, les restes probablement d'anciens glissements de terrain.

De Flüelen à Brunnen est un premier bassin à fond très-plat, qui descend jusqu'à 187 m. devant la Tellsplatte, et à 200 m. devant le Grütli.

Un seuil de 95 m. de profondeur, devant la delta de la Muotta sépare le lac d'Uri du second bassin, qui s'étend de Brunnen à Buochs et qu'on peut appeler le lac de Gersau. Ce bassin, le bassin principal du lac, atteint sa plus grande profondeur devant Beckenried par 214 m.; c'est la profondeur maximale du lac. Un haut-fond, espèce d'île sous-lacustre dont le sommet n'est recouvert que par 43 m. d'eau, s'élève entre Kindlismord et Schwybogen; il forme une sorte de seuil qui limite un petit bassin secondaire, dans la direction de Brunnen, dont la profondeur n'est que de 123 m.

Le lac de Gersau, est séparé de la partie occidentale, en forme de croix, par le détroit des Nases; le seuil qui sépare ces deux bassins est surmonté d'une île sous-lacustre dont le sommet n'a que 37 m. de profondeur; elle est située assez notablement au nord du détroit des Nases, à peu près devant Vitznau.

Des quatre bras de la croix, le plus profond est le bassin de Weggis qui descend jusqu'à 151 m. A l'entrecroisement des quatre bras, dans le Trichter, vis-à-vis de St-Niclausen, on trouve une profondeur de 112 m.; un haut-fond, avec 80 m. d'eau, occupe le centre du Trichter.

Le bras de Küssnacht présente deux seuils, l'un près de Meggerkappel à 65 m., le second, devant Burgeck, 42 m.; les cuvettes séparées par ces seuils mesurent 70 m. devant Meggen, et 52 m. devant Bischoffswyl.

Le bras de Lucerne est peu profond, au plus 55 m. Celui de Stanzstad mesure 105 m. devant Kersiten et 73 m. devant Hergiswyl. Devant Stanzstad un haut-fond a sur son sommet une profondeur de 57 m.

Le lac d'Alpnach a une profondeur maximale de 35 m.; il est séparé du grand-lac par un seuil de quelques mètres seulement de profondeur sur lequel est établi le pont de Stanzstad.

Le **lac de Walenstadt,** d'après la feuille 250 de l'atlas Siegfried, a un bassin parfaitement régulier, ses talus extrêmement inclinés sur les deux rives nord et sud, ont une pente plus douce aux deux extrémités du lac. La grande plaine du fond, limitée par la courbe horizontale de 280 m., a une profondeur de 143 m., sur une surface de plus de 7.2 km. qui représente à peu près le tiers de la superficie du lac. Le point de plus grande profondeur, entre Quinten et Murg, mesure 151 m.

Le **lac de Zurich** (XXXII) est divisé en deux bassins par la presqu'île de Hurden, sur laquelle s'appuie le pont de Rapperschwyl. Le *lac supérieur* atteint une profondeur de 50 m. devant Bollingen. Le *lac inférieur* ou *lac de Zurich proprement dit* forme dans sa partie orientale une cuvette très-peu profonde qui atteint seulement 28 m. devant Richterschwyl. A partir d'une barre de quelques mètres seulement de saillie, étendue entre Wädenschwyl et Männedorf, commence le grand bassin du lac, à formes régulières et peu accidentées, à talus moyennement inclinés qui descend jusqu'à 143 m. de profondeur entre Herrliberg et Oberrieden; au-delà il se relève lentement jusqu'à l'extrémité terminale du lac, du côté de Zurich.

Le **lac de Constance** (XXXIII) est de tous les lacs Subalpins celui dont le relief est le plus accidenté; ses talus sont assez fortement inclinés sur la côte Suisse entre Rorschach et Romanshorn, sur la côte allemande entre Langenargen et Nonnenhorn, et sur les deux rives du bras d'Ueberlingen. Le grand bassin du lac est divisé en deux cuvettes; l'une la plus orientale, la plus profonde, descend jusqu'à 276 m. devant Arbon; l'autre, plus occidentale, s'approfondit seulement jusqu'à 254 m. sur la ligne qui joint Utwyl et Fischbach (XXIV). La barre qui sépare ces deux cuvettes a moins de 180 m. de profondeur; elle s'élève par conséquent de 70 à 100 m. au-dessus du plancher des deux bassins profonds du lac. Le lac d'Ueberlingen, quoique très-étroit, est relativement profond, il dépasse partout dans son axe 100 m. de profondeur.

Le **lac de Lugano** *(Ceresio)* (XXXIV) est fort accidenté dans son relief. Le corps principal du lac va en augmentant rapidement de profondeur de Porlezza jusqu'à Albogasio, où se trouve le maximum par 280 m.; puis la profondeur va en diminuant progressivement jusqu'au détroit de Bissone, qui forme un barrage au milieu du lac. Au sud de Bissone, les divers bras forment des cuvettes, dont la profondeur est de 85 m. dans la partie commune au sud de Bissone, de 80 m. dans le bras de Capolago, de 70 m. devant le cap de Morcote, de 95 m. au milieu du bras de Lavena, de 50 m. environ dans le bassin de Pontetresa. Les talus sont partout très-fortement inclinés.

Lac de Côme *(Lario)* (xxxv). Son bassin principal, de Gera à Côme, est séparé en deux cuvettes par un seuil situé à la hauteur de Bellagio, qui se relève à 135 m. seulement de profondeur. Le bras du nord descend à 340 m. devant Menaggio, le bras du SW atteint 414 m. devant Careno. Ce point de profondeur maximale est situé au pied d'une paroi presque verticale, évidemment de nature rocheuse. Quant au bras de Lecco il n'est point séparé du grand lac par un seuil; il se relève progressivement, de la profondeur de 275 m. qu'il a entre Bellagio et Varenna, jusqu'à Mandello, où il n'a plus que 80 m. Entre Mandello et Lecco il s'approfondit de nouveau et redescend à 150 m.

Le fond du lac de Côme ne présente du reste que rarement une plaine horizontale comme celle des autres lacs: le plus souvent les talus viennent se joindre dans les grands fonds.

§ VIII. Nature du sol.

Autant le relief du bassin d'un lac est simple et monotone, autant la composition du sol qui revêt les talus et le plancher du lac est de même uniforme. Au delà du littoral dont le terrain, très-diversifié, varie considérablement d'une localité à l'autre, dès le bord du Mont, le sol du lac est formé partout par un sédiment impalpable, de nature argileuse, marneuse ou calcaire, dont la composition physique est toujours la même, dont la composition chimique varie peu dans les diverses régions d'un même lac, mais peut être fort différente d'un lac à l'autre.

Composition physique. L'alluvion du lac est formée:

a) de poussières minérales impalpables, charriées dans le lac par les affluents débordés, ou arrachées à la rive par les vagues. Cette poussière minérale donne au sol de chaque lac son caractère chimique spécial.

b) de poussières organiques qui sombrent lorsque leur densité est supérieure à celle de l'eau.

c) de débris organiques des animaux et plantes ayant vécu dans les régions pélagiques et profondes; nous les étudierons spécialement plus tard

d) de corps étrangers qui tombent accidentellement dans le lac; ils sont en général plus nombreux près des rives que dans le milieu du lac, où ils sont excessivement rares. Ces corps étrangers sont des cailloux, graviers et sables, transportés, ou bien par les glaçons détachés de la rive, ou emportés dans le lac par les affluents, — ou bien par les racines des arbres arrachés par les torrents ou par les vagues, — ou bien encore par les barques et bateaux naviguant sur le lac, qui laissent tomber dans le lac une partie de leur chargement. Ce sont encore les scories et cendres de coke provenant des fournaises des bateaux à vapeur; elles sont jetées dans l'eau et sombrent, les unes immédiatement, les autres après une flottaison plus ou moins prolongée, lorsque leurs cellules aériennes pleines d'air cessent de les soutenir à la surface; ces scories sont souvent promenées par les

vents et les courants fort loin à la surface du lac, et elles peuvent être disséminées très-loin du trajet habituel des bateaux à vapeur. Ce sont enfin des sables, qui sont, ou bien transportés par les vents tourbillonnants, ou bien entraînés en plein lac sous la forme de radeaux, flottant par capillarité à la surface de l'eau. Nous en avons déjà parlé plus haut.

Ces corps étrangers font le plus souvent absolument défaut dans les produits des draguages profonds; quelquefois il s'y rencontrent en plus ou moins grande abondance. Leur fréquence est essentiellement irrégulière, et leur présence dans le limon des grands fonds est purement accidentelle.

En fait de corps étrangers contenus dans le limon d'alluvion, je dois signaler l'absence absolue dans le limon de tous les lacs jusqu'à présent étudiés, de nodules calcaires ou siliceux, de rognons de phosphate de calcium, de sulfate de calcium ou de peroxyde de manganèse, analogues à ceux que l'on connaît dans certaines couches géologiques ou dans le fond des mers actuelles.

Je dois signaler aussi l'absence de poussières cosmiques ou météoriques; je n'ai jamais rien trouvé que j'aie pu rapporter à cet ordre de matériaux. Ce n'est pas que le limon de nos lacs ne contienne souvent une foule de granulations vitreuses qui ressemblent fort à des poussières d'aërolithes; mais un examen plus attentif me les a toujours fait rapporter aux cendres de coke des fournaises de bateaux à vapeur. Le Dr. E. Yung, de Genève, qui s'est spécialement occupé des poussières cosmiques, a étudié en 1877 les granulations ferrugineuses magnétiques que j'avais recueillies au fond du lac; « pulvérisées elles ne lui ont montré au microscope que des fragments anguleux, et aucun globule; à l'analyse chimique il n'y a trouvé que de la silice, du fer, de l'alumine et de la chaux, pas trace de nickel ni rien de semblable ». Yung les tient, comme moi, pour des scories de coke (IV).

Quant à l'argile plus ou moins calcaire qui forme la masse même du dépôt dans les lacs de la région Subalpine, sa consistance est toujours celle d'un limon mol, plus adhérent et plus plastique quand il contient moins de chaux et se rapproche du type des argiles, plus léger, et plus mobile, lorsqu'il est plus calcaire et se rapproche du type de la craie. Quelquefois des particules de mica lui donnent un éclat argenté très-caractéristique.

La consistance de ce limon est généralement très-molle à la surface; c'est presque la consistance d'une crême épaisse; dans sa masse, dès un ou deux centimètres au-dessous de la surface, il est plus dense, plus ferme et se rapproche de la consistance des argiles humides.

Sa couleur varie, à l'état humide, et suivant les lacs, du gris jaunâtre au gris rougeâtre, bleuâtre, noirâtre, suivant la proportion des matières minérales et organiques.

Dans l'argile du Léman j'ai observé la stratification suivante:

a) une couche superficielle de nature organique de un à deux millimètres d'épaisseur. Je la décrirai plus loin sous le nom de *feutre organique.*

b) une couche sous-jacente de 1—2 c/m. d'épaisseur, d'un gris jaunâtre, de consistance molle et crémeuse.

c) une couche noirâtre de 2—4 m/m. d'épaisseur.

d) une couche profonde d'un gris bleuâtre, d'épaisseur inconnue; elle forme la masse même du dépôt. Cette couche bleuâtre est plus consistante et plus plastique.

Les différences de couleur entre les couches *b* et *d* sont probablement dues à des phénomènes de réduction des sels de fer, qui s'opèrent dans la masse sous l'influence des matières organiques, et la couche noirâtre *c* est probablement le point où se fait cette réduction. Les sels de fer sont à l'état de peroxyde dans la couche superficielle, à l'état de protoxyde dans la couche profonde (1). C'est un fait analogue à celui qui est connu dans certaines roches calcaires, où dans chaque assise, au bord de chaque fissure, la couleur des couches superficielles est jaunâtre ou rougeâtre, tandis que le cœur de la pierre est bleuâtre. La proportion des matières organiques dans les argiles lacustres est peu considérable, ainsi qu'on va le voir dans les analyses.

D'après l'origine des poussières minérales qui forment l'alluvion des lacs, celle-ci doit contenir un mélange de toutes les roches qui existent dans le bassin d'alimentation des affluents voisins du point d'exploration.

Voici quelques détails sur le sol des différents lacs de la région Subalpine.

Lac Léman. L'argile du Léman est, comme je l'ai dit, d'un gris jaunâtre à la surface, d'un gris bleuâtre dans la profondeur; desséchée elle donne une masse solide, de la bonne argile de potier. Les échantillons dragués devant Morges sont très-plastiques; j'ai pu modeler cet argile, la tourner et la cuire; j'en ai obtenu des vases d'une pâte très-fine, très-légère, très-poreuse, remarquablement sonore; cuite, cette terre a une couleur blanc jaunâtre, faiblement rougeâtre. Les échantillons dragués sur la barre de Promenthoux sont moins plastiques et d'une consistance plus légère. L'argile draguée devant les bouches du Rhône était remarquable par l'éclat argenté, dû aux lamelles de mica; ce caractère se perd à une faible distance des bouches du fleuve; je n'en ai plus trouvé traces dans l'argile draguée devant le château de Chillon, à moins de 5 km. de l'embouchure du Rhône.

Dans le tableau ci-dessous je donne une série d'analyses chimiques d'échantillons du fond, dragués par moi dans différents lacs. Toutes ces analyses sauf le No. VII ont été faites par MM. E. Risler et J. Walter, alors à Callèves sur Nyon *(Mat. III, XXV)*.

---

(1) Une observation analogue est faite par Sir Wyville Thomson sur du limon dragué dans l'Atlantique, près de St-Thomas des Antilles, par 7100 m. de fond (cvi). L'argile rouge de cette grande profondeur était beaucoup plus rouge à la surface du sol que dans l'épaisseur de la masse. Les naturalistes du *Challenger* attribuent aussi ce changement de couleur à un phénomène de désoxydation.

Analyse chimique du limon des lacs.

	Léman			Neuchâtel	Zurich	Constance	Zell
	I	II	VII	III	IV	V	VI
Analyse chimique.							
A. Partie attaquable par H Cl.							
Fer (dosé à l'état d'oxyde)	5.20	3.36	4.54	2.11	2.477	1.937	1.264
Alumine . . , . .	2.30	1.80	15.87	0.68	1.327	1.202	0.926
Acide phosphorique .	traces	0.12	tr.	tr.	0.115	0.054	0.058
Chaux	10.50	1.92	14.01	34.28	29.524	26.646	32.667
Magnésie	2.06	12.39	3.92	1.13	1.824	1.516	1.720
Potasse et soude . .	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Acide carbonique . .	9.20	9.80	14.93	29.46	26.650	23.790	28.450
Acide sulfurique . .	0.	tr.	0.	tr.	0.	tr.	3.709
Silice soluble . . .	0.12	—	1.22	—	—	—	—
B. Partie inattaquable par H Cl.							
Silicates et silice . .	63.75	66.68	45.51	29.17	33.910	41.403	27.527
Matières organiques .	4.67	3.73	3.85	3.17	4.173	3.452	3.700
Humidité	2.20	—	—	—	—	—	—
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.000	100.000	100.000
Analyse physique.							
Sable	10	—	—	25.26	17.42	31.37	49.23
Partie impalpable . .	90	—	—	74.74	82.58	68.63	50.77
	100	—	—	100.00	100.000	100.000	100.00

Les trois échantillons d'argile du Léman ont la provenance suivante:

I. Argile draguée par 216 m. de fond, au milieu du lac, entre Morges et Evian *(Mat. III)*.

II. Argile draguée devant Morges, par 35 m. de fond sur les talus du bassin du lac. *(Mat. III)*. Dans cet échantillon j'avais recueilli intentionnellement la couche superficielle, particulièrement riche en débris organiques.

VII. Argile draguée sur la barre de Promenthoux, par 70 m. de fond *(Mat. XLIII)*. Cette analyse a été faite par M. G. Hochreutiner, alors assistant au laboratoire de l'Ecole de Pharmacie de Lausanne.

La comparaison de ces trois analyses a un certain intérêt, en montrant l'uniformité de composition du sol dans les différentes régions d'un même lac: il y a en effet 20 km.

de distance entre les localités où ont été faits ces trois draguages. Et cependant les différences de composition sont peu considérables.

Si j'additionne dans ces analyses les chiffres de la silice soluble et des silicates non-attaquables par H Cl, d'une part, et d'une autre part la chaux, la magnésie et l'acide carbonique, je trouve les proportions centésimales suivantes:

No.		Silice et silicates	Carbonates de chaux et de magnésie
I	Milieu du lac, Morges	66.0	21.8
II	Talus du lac, Morges	68.5	24.1
VII	Barre de Promenthoux	61.4	32.1

D'après ces chiffres l'argile des grands fonds est la moins calcaire, l'argile des talus devant Morges, est la plus siliceuse; l'argile de la barre de Promenthoux est la plus calcaire et la moins siliceuse. Ces variations de composition sont cependant peu considérables, et n'approchent pas des différences que nous allons trouver d'un lac à l'autre.

Lac du Bourget. Les échantillons que j'ai dragués à 115 m. de profondeur, le 21 septembre 1883, me montrent un limon impalpable, d'un gris jaunâtre assez foncé, friable, peu plastique.

Lac d'Annecy. Le limon dragué à 55 et 50 m. de fond, devant Veyrier, est fort semblable à celui du lac du Bourget; mais un peu plus blanchâtre et plus riche en débris organiques.

Lac de Neuchâtel. Le limon de ce lac est très-calcaire; sa couleur est d'un gris jaunâtre lorsqu'il est humide, presque blanc lorsqu'il est sec. Il n'est pas plastique; desséché il a la consistance d'une craie légère, presque pulvérulente. J'en ai reçu de beaux échantillons dragués par M. l'ingénieur Manuel, du bureau topographique fédéral, chargé en 1880 des sondages pour l'établissement de la carte hydrographique du lac de Neuchâtel.

Je donne dans le tableau, sous le No. III, l'analyse qu'a faite M. E. Risler *(Mat. XXV)* d'un échantillon dragué par moi, le 22 août 1873 devant la ville de Neuchâtel, par 65 m. de fond *(Mat. XXII)*. Ce limon avait été tamisé et débarrassé ainsi de tous les animaux vivants ou morts et des débris végétaux, en grande abondance, qui le salissaient.

Lac de Bienne. Le limon dragué devant la Neuveville, par 40 m. de fond, est à peu près semblable à celui du lac de Neuchâtel, mais plus vaseux; beaucoup de débris végétaux.

Lac des IV-Cantons. Près de Stanzstad le Dr. Asper a trouvé un limon extrêmement fin, coloré en gris (XXXI).

Mes draguages d'août 1883 m'ont donné cette même vase très-fine, contenant une grande abondance de débris organiques. Ces derniers étaient exceptionnellement nombreux dans un échantillon pris à 35 m. devant Stanzstad.

Dans un draguage opéré entre Beggenried et Gersau, à 1.5 km. de chaque rive, par 200 m. de profondeur, Asper a trouvé un limon peu consistant (brüchig) contenant beaucoup de sable grossier et de nombreux débris de plantes (xxxi).

Lac de Zoug. Asper signale comme anormal du limon dragué dans la partie supérieure de ce lac, à 1200 m. de chaque rive et par 200 m. de fond. L'argile contenait environ le dixième de sa masse de sable grossier ; elle était en outre mélangée de plantes, feuilles et rameaux (xxxi).

Aegerisée. Limon ferrugineux, parfois vivement coloré en jaune brun [1] (Asper) (xxxi).

Lac de Walenstadt. J'ai dragué dans le milieu de ce lac une belle argile rougeâtre, analogue par sa consistance à celle du Léman.

Klönsée. Altitude 804 m., profondeur maximale 27 m. Asper y a dragué un limon gris, extrêmement fin.

Lac de Zurich. Argile gris bleuâtre. L'analyse No. IV *(Mat. XXV)* est faite d'après un échantillon dragué par moi, le 17 août 1873, par 50 m. de fond, devant Neumünster *(Mat. XXII)*. L'échantillon n'a pas été tamisé, et les nombreux débris végétaux et animaux qu'il contenait expliquent la proportion relativement considérable des matières organiques que donne l'analyse.

Asper ne nous fournit malheureusement pas de détails sur le sol qu'il a observé dans ses nombreux draguages du lac de Zurich.

Le limon que j'ai recueilli à Horgen en août 1883 était très-fin, assez léger, d'un gris sale. Celui que j'ai dragué devant Wädenswyl était fort différent suivant la profondeur. Jusqu'à 60 m. j'ai obtenu une vase d'un brun jaunâtre, molle, crêmeuse ; mais à 90 m. la consistance du limon a changé, il m'est apparu beaucoup plus ferme, plus plastique, de consistance argileuse, et de couleur presque blanche.

J'ai reçu de M. Paul Manuel, ingénieur, un échantillon dragué par lui dans le Lac-supérieur, en 1880, entre Lachen et Rapperswyl par 29 m. de fond. Il est de consistance argileuse et d'une couleur gris-brun assez foncée.

Lacs de Pfäffikon et de *Greifensée.* Le limon de ces lacs est blanchâtre d'après Asper (xxxvii).

Lac de Constance. L'argile que j'ai draguée près de Constance a tout-à-fait l'apparence de celle du Léman. J'en donne au No. V l'analyse *(Mat. XXVII)*, d'après un échantillon recueilli le 21 août 1873, à 3 km. de la ville de Constance par 25 m. de fond. *(Mat. XXII)*.

Lac de Zell. Je possède deux échantillons du fond de ce lac. L'un dragué en 1880 par M. Manuel, ingénieur au bureau topographique fédéral, il vient de la partie occidentale du lac, entre Steckborn et Horn, par 46 m. de fond. Il est semblable à celui que

---

[1] Je citerai comme analogue celui que j'ai dragué dans le lac de Starnberg en Bavière, le 20 septembre 1877. L'argile légère, peu adhérente, était à plusieurs places de couleur ocreuse.

j'ai dragué dans le lac de Constance-supérieur et dont je viens de parler. L'autre échantillon, très-vaseux, noirâtre, riche en débris organiques, a été dragué par moi en 1873 devant Ermatingen, par 20 m. de fond *(Mat. XXII)*. Il a été analysé par Risler *(Mat. XXV)*, et porte le No. VI du tableau de la page 58; l'échantillon avait été tamisé avant d'être remis à M. Risler.

Lac Majeur. Asper a dragué par 300 m. de fond, entre San-Bartholoméo et Tronzano, un limon gris égal, très-fin, riche en organismes (xxxi).

Lac de Lugano. Asper a trouvé au pied du Monte Salvatore un limon normal, très-fin. En revanche dans un draguage fait entre Lugano et le Monte Caprino par 250 m. de fond, la drague ne lui a rapporté qu'une masse grossière, feuilletée en couches de 2 à 3 m/m. d'épaisseur, tellement qu'elle ressemblait à un morceau de gneiss; cette masse friable ne contenait pas traces d'organismes, et elle laissait sur le tamis un nombre énorme de lamelles de mica (xxxi).

— J'ai conservé quelques échantillons de la marne provenant de mes draguages dans un certain nombre de lacs. Desséchés ils ont des teintes fort diverses. J'essayerai d'en décrire la couleur de la manière suivante: Ils forment trois séries: l'une jaunâtre, l'autre rougeâtre, la troisième bleuâtre. La première part du brun, passe au gris jaunâtre et arrive au blanc presque pur. Elle comprend en série, du plus foncé au plus clair, les limons du lac de Starnberg (Bavière), Brenet (lac de Joux inférieur), Bienne, Bourget, Joux (fond du lac), Annecy, Neuchâtel, Zurich (Horgen), Joux (dépôts de Charas sur les Monts) [1].

Une autre série comprenant les limons de Walenstadt, de Zurich supérieur et de Zell (Constance inférieur) est plus rougeâtre. La marne du lac de Walenstadt a presque des teintes lie de vin, ou chocolat.

D'autres marnes sont plus bleuâtres, celle du lac de Constance, la plus bleue de celles dont j'ai des échantillons, et celle du Léman.

— J'ai donné le tableau des analyses chimiques faites sur le limon des lacs par E. Risler et J. Walter pour les Nos. I à VI, et par G. Hochreutiner pour le No. VII. (Voir à la page 58.)

Sans entrer dans le détail des analyses comparatives nous y remarquons dès l'abord plusieurs faits intéressants. J'ai déjà signalé le caractère général uniforme des trois analyses du lac Léman.

Je noterai ensuite les grandes différences dans la richesse en silice et en silicates, des argiles des divers lacs; l'argile du Léman en contient de 61 à 69 pour cent, tandis que le limon du lac de Constance n'en renferme que 41, celui de Zurich 34, celui de Neuchâtel 29, et enfin celui du lac de Zell 27 pour cent seulement. La pauvreté en silice du lac de Zurich et du lac de Zell s'explique en partie parce que ces lacs

---

[1] Voir pour le lac de Joux, et spécialement pour les dépôts de Charas sur les Monts de ce lac, la description que j'en donnerai dans un autre chapitre.

ne reçoivent pas d'affluents alpins, qui puissent leur amener directement l'alluvion des montagnes primitives ; la pauvreté en silice du lac de Neuchâtel s'explique par l'origine jurassique, c'est-à-dire la provenance d'un terrain purement calcaire, de la plupart de ses affluents. Quant à la petite quantité de silice de l'argile du lac de Constance, nourri directement par un fleuve alpin, elle doit s'expliquer probablement par la localité même où j'ai fait mon draguage, localité située près de la sortie de l'émissaire, loin par conséquent des lieux où l'alluvion alpine se dépose directement. En somme l'alluvion de la vallée du Rhône est plus riche en silice que celle des vallées du Rhin, de la Limmat ou du Jura. Quant à la quantité de calcaire contenue dans ces limons, elle est à peu près directement inverse de la quantité des silicates. L'on n'a pas à s'étonner beaucoup de voir le limon du lac de Neuchâtel, d'apparence crayeuse, être de beaucoup le plus calcaire de la série ; l'on serait plutôt frappé de la proportion encore considérable de silice qu'il renferme, mais celle-ci s'explique suffisamment par le terrain erratique alpin, et par les terrains molassiques, qui abondent dans une partie du bassin d'alimentation de ce lac.

Le mélange intime des silicates et des calcaires est tel que tous nos limons des lacs de la région Subalpine rentreraient sans exception, en classification pétrographique, dans le groupe des marnes ; marnes argileuses ou marnes calcaires suivant la prédominance de l'un ou de l'autre des éléments.

Quant à la proportion des matières organiques dans le limon de nos lacs, elle est partout très-faible, le chiffre le plus élevé que donne nos analyses étant de 4.7 pour cent. Connaissant la richesse de la faune profonde et des débris organiques qui se trouvent à la surface du limon, j'aurais attendu une quantité relative plus considérable de ces substances. Il faut cependant donner attention au fait, que la densité des substances organiques est beaucoup plus faible que celle des matériaux inorganiques, et que, sous un poids relatif aussi minime, leur volume est proportionnellement beaucoup plus considérable.

Dans un seul cas j'ai eu l'occasion de rencontrer une proportion relativement très-forte de matières organiques; c'est en faisant l'analyse des limons des lacs Goktschaï et Tschaldyr, au Caucase, dragués par Al. Brandt en 1879 (XXXVIII). Ces échantillons d'un gris jaunâtre dans le Goktschaï, d'un gris noirâtre dans le Tschaldyr, étaient formés d'une masse si légère, si délicate, si floconneuse, à l'analyse microscopique elle avait une telle ressemblance avec la couche que je connais dans nos lacs sous le nom de feutre organique, que j'ai dû conclure que la drague n'avait pas traversé ce revêtement organique, lequel doit être relativement très-épais dans ces lacs.

— Je résumerai ce paragraphe en essayant une classification provisoire des dépôts des fonds de lac.

A. **Sol proprement dit**, partie minérale.

Type a. Sol argileux. Argile pure, sans mélange calcaire. Je n'en connais jusqu'à présent d'exemples que dans les lacs du Caucase, Goktschaï et Tschaldyr, creusés en territoire volcanique (XXXVIII).

Type b. Sol marneux-argileux, plastique, jaunâtre à la surface, bleuâtre dans la profondeur. Exemples: limon des grands lacs Subalpins, Léman, lac de Walenstadt, de Zurich, de Constance.

Type c. Sol marneux-calcaire, plus léger, non plastique, blanchâtre, jaunâtre ou rougeâtre ; desséché il donne une masse fragile. Ex.: lac de Neuchâtel.

Type d. Sol calcaire, de consistance crayeuse, blanchâtre, jaunâtre ou rougeâtre ; désséché il donne une masse pulvérulente friable. Ex.: le lac de Joux.

Ces quatre types peuvent présenter les modifications que je désignerai sous le nom de *faciès*.

Faciès limoneux. C'est le faciès normal que nous avons décrit plus haut.

Faciès vaseux. La grande abondance de matériaux organiques, imprégnant le limon, lui donne une couleur noirâtre et une odeur fétide spéciale (lac de Zell près d'Ermatingen, lac de Bienne près la Neuveville).

Faciès micacé, éclat argentin, stratification schisteuse par le fait des lamelles de mica. Ex.: Lac de Lugano (Asper), Bouches du Rhône dans le Léman (Forel).

Les faciès gravièreux et *sableux* n'appartiennent pas normalement à la région profonde; ils peuvent s'y rencontrer accidentellement par suite spécialement de l'un des glissements de terrain que nous avons décrits.

B. **Dépôts organiques.**

1° *Incrustations tufoïdes*, formées sur les corps solides par la végétation des Algues incrustantes (Euactis, Hydrocoleum, etc.) Ex.: lac de Neuchâtel, de Zurich, de Constance, etc. Je les indique ici pour mémoire, car ces dépôts n'appartiennent qu'à la région littorale.

2° *Dépôts calcaires*, incrustation de plantes dont les tissus s'imprégnent de carbonate de chaux : Ilots sous-lacustres, soit Monts du lac de Joux ([1]).

3° *Feutre organique* que j'ai signalé plus haut et que je décrirai dans un chapitre suivant.

4° *Poussières organiques*. Nous y reviendrons plus loin.

§ IX. Résumé.

Si après avoir analysé les unes après les autres les conditions de milieu de la région profonde des lacs, je veux résumer leurs caractères généraux, je vois qu'ils convergent tous au calme, au repos, à l'absence de mouvement. Peu ou pas de mouvements mécaniques ; les vagues sont sans effet, les courants thermiques sont insensibles; seuls les courants profonds, causés par les tempêtes de la surface viennent accidentelle-

([1]) Voir plus loin.

ment agiter les grands fonds; peu ou pas de mouvements caloriques; la température y est presque absolument constante; peu ou pas de vibrations lumineuses, pas d'actions actiniques; l'obscurité absolue règne dans les profondeurs; uniformité de la composition physique du limon prodigieusement fin, dans lequel, ou sur lequel, les animaux ont à se mouvoir; peu ou pas de variations dans la composition chimique de ce limon, dans la composition chimique de l'eau ambiante, dans la proportion des gaz dissous. Uniformité, monotonie, égalité, absence de mouvements, absence de variations, calme presque absolu, tels sont les traits généraux de ce milieu qui n'a qu'un seul analogue, la région profonde des mers; qui se différencie ainsi de tous les autres milieux dans lesquels les êtres sont appelés à vivre. Dans aucun climat atmosphérique, dans aucune autre région aquatique, nous ne retrouvons ce calme prodigieux qui règne dans les profondeurs des eaux. Les seules régions qui s'en rapprochent un peu à ce point de vue, sont les cavernes et les eaux souterraines; nous aurons à revenir sur cette analogie.

§ X. Limites de la région profonde.

Y a-t-il une limite précise entre la région littorale et la région profonde? Cette question mérite de nous arrêter. Les conditions de milieu qui caractérisent la région profonde sont développées à leur maximum dans les plus grandes profondeurs des lacs; chacun des traits, qui donnent à ce milieu une figure si spéciale, s'accentue de plus en plus à mesure qu'on descend en s'éloignant de la surface. Mais à quelle profondeur ces caractères commencent-ils à être distincts? Cela varie pour les différents faits physiques qui constituent le milieu.

Au point de vue du mouvement mécanique, nous avons vu que les vagues cessent d'agir vers 10 m.; nous ne parlerons pas ici des courants qui, dans les profondeurs, n'ont d'énergie appréciable que dans des cas tout-à-fait accidentels.

Au point de vue de la chaleur, les variations diurnes cessent de se faire sentir au-dessous de 12 à 15 m., mais les variations annuelles ou lustrales pénètrent jusque dans les plus grands fonds; elles décroissent du reste rapidement d'amplitude; elles sont faibles à partir de 50 m., elles deviennent presque insensibles au-dessous de 100 m., de 150 m.

La lumière pénètre peu profondément. A partir de 50 m. en été et de 100 m. en hiver, il règne l'obscurité absolue (rayons actiniques agissant sur le chlorure d'argent). Mais dès une profondeur beaucoup plus faible, 6 à 15 m., notre œil cesse de distinguer un objet blanc qui descend dans le lac; dès une profondeur double, soit 12 à 30 m., il doit règner, pour une rétine comme la nôtre, si ce n'est l'obscurité absolue, tout ou moins les demi-ténèbres d'un temps de brouillard ou de crépuscule.

Pour la constitution physique du sol, le limon à grains impalpables commence à régner dès la limite de l'action des vagues, soit vers 10 m. de fond.

Chacun de ces points de vue nous donne un chiffre différent. Lequel devons-nous adopter pour limite dans nos études biologiques?

Est-ce la profondeur de 10 m., limite inférieure de la région agitée par les vagues, et limite normale du terrain limoneux des grands fonds? Est-ce 15 m., limite inférieure des variations thermiques diurnes? Est-ce 25 m., limite de la vision distincte, du grand éclairage? Est-ce 50 m., limite des variations thermiques estivales importantes? Est-ce 100 m., limite extrême de la pénétration des rayons actiniques?

Pour répondre à cette question il semblerait que nous devrions attendre d'avoir étudié la faune et constaté expérimentalement la limite de séparation entre la faune littorale et la faune profonde. Mais, comme nous le verrons plus loin, cette limite elle-même est très-indécise et mal marquée; sur une large étendue, dans la zône supérieure de la région profonde, il y a un mélange d'espèces appartenant aux deux faunes; ce mélange rend difficile à établir la limite que nous cherchons. Nous sommes donc renvoyés à l'étude des conditions de milieu.

Pour faire cette étude d'une manière utile nous devrions chercher des situations géographiques assez différentes, pour que nous vissions varier notablement, d'un lac à l'autre, l'une ou l'autre de ces conditions de milieu. Mais dans la région Subalpine, notre champ de recherches, ces variations sont peu étendues, et en dehors de cette région Subalpine, les travaux analogues aux nôtres ont été poussés trop peu loin, pour nous donner des comparaisons assez précises pour nous être utiles.

Je préfère, pour chercher des analogies convenables, m'adresser aux faunes marines, quitte à justifier plus tard le parallèlisme avec les faunes lacustres sur lequel je vais me fonder. La faune profonde marine présente des caractères très-bien marqués et fort différents de ceux des faunes littorales; la distinction y est relativement plus facile que dans nos lacs.

L'étude des faunes marines nous apprend que la limite entre la faune littorale et la faune profonde ne doit pas être cherchée dans les conditions d'agitation de l'eau, à la limite de l'action des vagues; en effet, si tel était le facteur principal, on trouverait la faune profonde représentée dans chaque golfe bien fermé, dans chaque lagune où les vagues ne peuvent pénétrer.

L'étude des faunes marines nous apprend que cette limite ne doit pas être cherchée dans les conditions de la température, soit à la limite des variations thermiques superficielles, soit dans la température froide qui règne dans les profondeurs. En effet nous voyons la faune profonde marine parfaitement développée dans des conditions thermiques très-différentes, dans les grands océans équatoriaux où la température profonde est fort basse, aux environs de 0°, et dans les mers encaissées où la température peut être fort élevée; dans la Méditerranée la température du fond est de 13°, dans la mer Rouge elle est de 21°. Nous voyons aussi la faune profonde manquer dans la région littorale des mers

polaires, où la température très-basse est fort semblable à celle de la région profonde des mers équatoriales.

L'étude des faunes marines nous apprend enfin que la limite de la faune profonde n'est pas donnée par le changement de la nature du sol. En effet, si au lieu du fond limoneux normal, la drague atteint un sol rocheux ou caillouteux, elle ramène des espèces profondes; ce ne sont pas les espèces limicoles qui forment la population habituelle des grands fonds, cela est vrai, mais ce ne sont pas non plus des espèces littorales. D'une autre part, dans une lagune où le sol est aussi limoneux que dans les grands fonds, la faune n'a aucunement les caractères de la région profonde.

La seule condition qui nous reste pour déterminer la limite en question c'est le facteur lumière. En cela je suis complètement d'accord avec Th. Fuchs de Vienne (XXXIX) et j'attribue à ce facteur une importance capitale. La profondeur à laquelle pénètre la lumière est la même sous toutes les latitudes, comme la limite entre les faunes littorales et profondes. Quelques variables que soient d'un lieu à l'autre les autres conditions de milieu, la température, les mouvements de l'eau, la nature du sol, il est une de ces conditions de milieu qui intervient partout à la même distance au-dessous de la surface; ce sont les faits d'éclairage, la lumière; l'obscurité absolue règne partout dans les grands fonds.

Mais dans le facteur lumière il y a deux actions. La lumière proprement dite qui régit la fonction animale de la vision, laquelle permet aux animaux de voir et d'être vus; en second lieu l'actinisme qui régit certaines fonctions organiques de la vie de nutrition, en particulier le développement des chromophylles des végétaux et des pigments des animaux. Dans la question qui nous occupe je suis disposé à attacher une importance relativement faible à la fonction de la vision. Quand je vois la plus grande moitié du règne animal représentée par des animaux nocturnes; quand je vois tous les animaux des cavernes et une partie des animaux des faunes profondes des mers et des lacs être aveugles, je constate que la cécité, si elle est une gêne, n'est pas un obstacle absolu à la vie animale. Au contraire, l'absence d'actinisme me semble jouer un rôle beaucoup plus important, en supprimant la possibilité de la vie végétale des plantes chlorophyllées. La fonction réductrice des végétaux qui contrebalance les fonctions oxydantes des animaux, est une nécessité absolue pour le maintien de la vie dans un milieu; on peut concevoir un monde, où il n'y aurait que des plantes; on ne peut rêver une terre, où les animaux existeraient sans végétaux. L'absence des plantes dans la région profonde des mers et des lacs nous représente ces conditions incompatibles au maintien de la vie animale, et nous aurons a expliquer par quels artifices la nature a subsidié à cette anomalie. Les plantes sont utiles aux animaux à trois points de vue; elles leur fournissent de la matière nutritive organisée, elles leur fournissent l'oxygène nécessaire à la respiration, elles leur offrent un habitat convenable, des cachettes et des points d'appui. L'existence d'une flore est d'importance capitale pour les animaux; là où elle fait défaut il y a déficit notable pour la vie animale.

C'est à la limite de la vie végétale que je placerai la limite inférieure de la région littorale et la limite supérieure de la région profonde. Nous verrons cette limite être dans nos lacs à 25 m. environ. Telle sera pour nous la limite de la région profonde [1].

En adoptant cette limite, nous sommes obligés de reconnaître que les conditions de milieu sont loin d'être homogènes et identiques partout, dans cette région profonde. Dans les couches supérieures, la lumière doit pénétrer, au moins dans les beaux jours de la fin de l'hiver, alors que l'eau est à son maximum de limpidité ; la température y subit des variations sensibles ; à 20 m. l'amplitude de la variation thermique peut être de 6 à 8°, à 30 m. de 3 à 5°; les courants dus à l'action mécanique du vent doivent y être encore fort violents. Cependant si nous comparons avec la région littorale ces couches de 20 à 40 ou 60 m. de profondeur, nous voyons qu'elles se rapprochent bien plus des conditions de calme de la région profonde, que des conditions agitées et tourmentées des régions superficielles. En me basant sur ces considérations, je séparerai dans nos lacs la région profonde en deux zônes:

1° *La zône supérieure,* s'étendant de 25 à 60 m. de profondeur, dans laquelle les conditions de milieu sont encore jusqu'à un certain point variables; dans laquelle les courants profonds se font parfois sentir, dans laquelle la température subit une variation annuelle de quelques degrés d'amplitude, dans laquelle la lumière pénètre encore assez pour donner, peut-être, dans des conditions favorables, un éclairage à demi-crépusculaire, assez pour permettre le développement de quelques Diatomées et de quelques Algues non-chlorophyllées.

2° *La zône inférieure,* au-dessous de 60 m. de profondeur, dans laquelle règne sans interruption le calme presque absolu, aux points de vue mécaniques, thermiques et lumineux.

J'essaierai dans le tableau suivant de résumer les conditions de milieu, dans leurs variations dès la surface au fond de nos lacs.

Tableau des régions et zônes du lac.

mètres		
0	Variations thermiques annuelles, 15 à 20°.	*Surface.*
10	Limite de l'action des vagues. Limite de la vision distincte. Limite des variations therm. diurnes.	**Région littorale.**
20	Var. therm. annuelles, 6 à 8°. Limite de la flore chlorophyllée.	
30	Variations thermiques annuelles, 3 à 5°.	**Région profonde,** *zône supérieure.*
40		
50	Limite de l'action actin. en été. Var. therm. annuelles, 2 à 3°.	
60		

[1] En adoptant cette limite inférieure de la végétation littorale pour limite supérieure de la région profonde, je n'entends pas dire que l'absence de végétation soit le seul caractère ou le caractère important de la région profonde. C'est un caractère pratique, commode à appliquer pour tracer cette limite ; les faits de température, d'obscurité, de calme etc. s'unissent ensemble pour donner au milieu ses traits généraux.

metres		
70		**Région profonde,** *zône inférieure.*
80		
90		
100	Limite de l'action actin. en hiver. Var. therm. annuelles, 1°.	
110		
120		
130		
140		
150	Limite de la variation thermique annuelle.	
160		
170		
180		
190		
200		
210		
220		
230		
240		
250	Variation thermique lustrale, $\pm$ 0.5°.	

§ XI. Influence de la grandeur du lac sur les conditions de milieu.

Pour ce qui intéresse la faune profonde la grandeur des lacs a de l'influence:

a) sur les mouvements mécaniques. Dans les grands lacs, les vagues sont plus fortes, leur action effective descend plus profond; elles érodent plus puissamment les côtes, et charrient plus avant des détritus et des galets plus gros. La beine y est plus profonde et est poussée plus loin des rives. Dans les grands lacs les courants d'origine mécanique (le courant profond, retour du courant superficiel des vents) sont plus énergiques; ils agitent plus puissamment le fond; ils charrient plus activement les organismes ou leurs germes.

b) sur la température des régions profondes. A même distance de la surface, un lac plus profond variera moins de température qu'un lac moins profond.

c) sur la composition chimique de l'eau qui sera d'autant plus invariable que le lac sera plus grand.

A cela se réduisent ces influences; c'est bien peu de chose. Mais nous devons encore donner attention au fait que les diverses dimensions du lac varient en général en même temps, dans le même sens; que les lacs moins étendus en superficie sont en général moins

profonds, que par conséquent leur fond présente d'une manière moins parfaite les conditions de repos de la région profonde, et se rapprochent au point de vue de la lumière et de la température des régions littorales ; nous devons noter encore que, dans un lac plus petit, la région littorale, qui est une ligne, a, proportionnellement à un grand lac, plus d'importance que la région profonde, qui est une surface. En me fondant sur ces réflexions, je formulerai la conclusion suivante : « Si l'on veut comparer les conditions de milieu de deux lacs d'après leur grandeur relative, il y a lieu de considérer, non pas leurs dimensions linéaires, longueur ou largeur, mais une puissance supérieure de ces dimensions, la superficie de ces lacs, ou mieux encore leur volume ». Un lac plus grand nous offre tous les phénomènes physiques développés sur une échelle beaucoup plus grande qu'un lac plus petit. Cette loi deviendra bien plus évidente lorsque nous comparerons nos petits lacs d'eau douce avec le bassin illimité de la mer.

Chapitre III. Les faunes et les flores superficielles.

Nous aurons besoin, pour comprendre les relations et les origines de la faune profonde, de faire souvent appel aux faits biologiques et zoologiques des régions superficielles du lac. Des liens intimes, aussi bien au point de vue physiologique qu'au point de vue phylogénique, unissent les organismes du littoral et ceux de la région pélagique avec ceux des profondeurs. Je crois donc utile, avant d'aborder l'étude de la région profonde, de la faire précéder ici par une esquisse rapide des êtres qui vivent dans les régions supérieures du lac.

Je décrirai successivement : la *flore littorale*, la *faune littorale*, la *flore pélagique*, la *faune pélagique*.

§ I. La flore littorale.

Cette flore intéresse notre étude de la faune profonde à plusieurs points de vue, en particulier :

a. pour les faits respiratoires ; par suite de l'antagonisme entre la respiration animale et l'assimilation des végétaux chlorophyliens, l'eau altérée par la vie animale est purifiée

par les plantes; par le fait des courants thermiques et mécaniques, cette action sur les gaz de l'eau peut faire efficacement sentir son influence entre les différentes régions;

b. pour l'alimentation des animaux; les débris végétaux arrivent jusqu'à la région profonde.

c. pour la détermination plus exacte des limites de la région littorale, et par conséquent de la région profonde.

Les végétaux de la région littorale du lac Léman peuvent se diviser en cinq groupes artificiels [1].

I. Les **tapis mousseux** qui revêtent les pierres et les bois, les cailloux de la grève inondée, les blocs erratiques, les cailloux des ténevières, les murs et les pilotis des quais. Ces tapis essentiellement constitués par des algues, entr'autres, Cladophora glomerata, forment un tapis léger, mobile, dont les brindilles ont 1—2 c/m. environ de longueur; il revêt pendant toute l'année les pierres et bois submergés à 1, 2 ou 3 décimètres au-dessous de la surface de l'eau.

Il s'y mêle en plus ou moins grande abondance les filaments soyeux d'Ulothrix tenuis et U. tenerrima.

Au milieu de ces Cladophora, on trouve sur les pilotis submergés, des plaques ovalaires d'un décimètre ou plus de diamètre, d'apparence veloutée, d'un vert sombre, à reflets chatoyants, formées par l'Oscillaria limosa.

Sur les pierres submergées plus profondément, dans nos ténevières, sous 2 à 5 m. d'eau, la Cladophora glomerata se présente dans sa variété subsimplex, beaucoup moins épaisse que la forme superficielle; au milieu de ce tapis, l'on trouve des touffes de Chaetophora endiviaefolia, Batrachospermum moliniforme, Bulbochaete setigera, etc.

Un type spécial des tapis mousseux, est celui des Algues incrustantes calcaires, qui est plus richement représenté dans d'autres lacs, qui dans le Léman est rare, peu développé et limité à de petites localités (Pointe de la Venoge, Ténevière de la Poudrière de Morges, Port de Thonon). Il est surtout remarquable sur les pierres submergées des lacs de Neuchâtel, de Morat et de Bienne, où il est connu depuis longtemps par suite des curieuses sculptures, encore mal expliquées (XL), qui se développent, là où il existe, sur les pierres calcaires. Je le connais aussi sur les pierres des lacs de Zurich, de Constance, de Starnberg, etc. Dans le lac Léman il n'est nulle part très développé et son épaisseur n'atteint que quelques millimètres. Aux lacs de Neuchâtel et de Morat il mesure en général un centimètre d'épaisseur; près de la ville de Constance j'ai vu ses couches superposées faire des concrétions tufoïdes de 2 ou 3 c/m. d'épaisseur; enfin sous les parties surplombantes des blocs erratiques du lac de Neuchâtel, je l'ai vu former une masse tufoïde de plus d'un décimètre d'épaisseur. Ce revêtement d'algues incrustantes est gris, mamelonné, fragile; il

[1] Je dois la plupart des déterminations de ces végétaux à mes collègues et amis, les professeur J. B. Schnetzler de Lausanne, J. Müller de Genève, G. Rey de Vevey, Fr Girardet de Morges.

est formé essentiellement par Euactis (Zonotrichia) calcivora, et Hydrocoleum calcilegum; au milieu de ces masses prédominantes, M. Schnetzler à trouvé Calothrix caespitosa, Scytonema tomentosum, etc.

II. **Les forêts de plantes annuelles.** Sur la beine, par une profondeur de 1 à 4 m. d'eau, il se développe au printemps une riche végétation de plantes phanérogames herbacées, à longues tiges, qui élèvent leurs rameaux jusqu'à la surface de l'eau, et forment de véritables forêts aquatiques. Rien n'est plus élégant et pittoresque que les paysages sous-lacustres que l'on peut deviner dans les clairières de ces forêts, entre les bouquets de ces plantes, disposées en général en groupes, où une espèce prédomine, mais où quelques plantes à feuillage différent diversifient les tons et les reliefs. Les plantes qui forment ces forêts aquatiques sont dans le lac Léman: Ranunculus aquatilis, Myriophyllum pectinatum, M. spicatum, Ceratophyllum submersum, C. demersum, C. densum, Potamogeton crispus, P. perfoliatus, P. lucens, P. decipiens, P. pusillus, P. pectinatus, Elodea canadensis, cette dernière introduite accidentellement vers 1882. (1) Toutes ces plantes sont annuelles, à l'exception de Potamogeton pusillus; elles disparaissent en automne, et leurs débris sont arrachés par les vagues et dispersés dans le lac. Les forêts aquatiques ne se développent que là où le sol est vaseux; là où dominent les roches, les pierres et le sable, elles font défaut.

III. **Les gazons de Characées.** C'est aussi sur les fonds vaseux que se développent les riches gazons des Characées (XLI). Chara ceratophylla, Ch. contraria, Ch. foetida, Ch. hispida, Ch. aspera, Ch. fragilis, Nitella syncarpa, N. capitata, N. opaca, N. flexilis. Ils forment des gazons épais, serrés, de un ou deux décimètres d'épaisseur, dans lesquels s'entrelacent les tigelles, les aiguillons et les rameaux de ces cryptogames. Ces Charas forment parfois des touffes sur la beine, au pied des plantes arborescentes des forêts sous-lacustres. Mais là où, dans le Léman, ils sont le plus développés c'est sur les bords du Mont, entre 6 et 10 m. de profondeur.

Dans d'autres lacs, Zurich p. ex. ils forment souvent des gazons serrés sur toute la beine.

La Nitella Foreliana (J. Müller, Arg.) forme des touffes isolées, qui descendent fort bas sur les talus du lac; c'est à ma connaissance la plante qui va le plus profond. J'en ai trouvé des individus isolés jusqu'à 20 ou 25 m. de fond devant Morges. (2)

---

(1) Ou peut-être avant; je la connais dans le port de Morges 1883, et dans le port de Genève, devant l'hôtel de l'Ecu, 1883.

(2) Voici la détermination provisoire qu'en donne le prof. J. Müller. „Elle est très voisine de la Nitella opaca, mais elle en diffère, ainsi que des N. syncarpa et N. capitata, par des rayons très largement arrondis, obtus à leur sommet, non acuminés en pointe solide. Elle est dioïque; la plante que j'ai reçue de M. Forel est mâle, la femelle est encore inconnue. Les anthéridies sont absolument dépourvues d'une couche gélatineuse involvante. La plante est uniformément incrustée, mais inférieurement la tige est très-dénudée et transparente. L'espèce va donc à la section Eunitellae Al. Br., Serie Monarthrodactylae, Al. Br. 1° Rayons divisés, fl. dioïques. Par ce qui précède l'espèce est nettement différenciée et doit se placer dans mon travail sur les Characées genevoises (XLI) p. 51 après Nitella opaca, avant la subdivision de N. flexilis." „Dr J. M. Arg."

IV. **Les algues flottantes.** Chaque année on assiste à l'apparition passagère d'algues libres, qui se développent rapidement, remplissent une localité du littoral, végétent, si le temps est calme, pendant une ou plusieurs semaines, puis disparaissent, dispersées dans le lac par les vagues et les courants d'une tempête. Je connais dans ce groupe: Protoderma viride dont les grandes lames membraneuses, gaufrées, d'un vert brillant, apparaissent parfois en si grande abondance qu'elles couvrent le sol d'un tapis vert; (1) elle se montre suivant les années en février, mars, avril ou mai.

Ulothrix (Hormiscia) zonata, dont les longs filaments sont fixés aux pierres et pilotis sous 30 à 50 c/m. d'eau, mais qui se détachent de leurs points d'insertion et continuent à végéter dans l'eau en formant d'énormes pelotons d'apparence soyeuse, qui atteignent parfois un mètre et plus de diamètre.

Conferva globulifera. Cette algue filamenteuse se développe en nombre énorme au printemps, mars à mai, et ses filaments entourent la tige des Myriophylles et Cératophylles de la beine. Quoiqu'elle ne s'insère pas sur les tissus de la plante, l'algue lui est tellement adhérente par les milles contours des filaments qui l'enlacent, que c'est à peine si je puis la classer dans le groupe des algues flottantes. Le 5 janvier 1884, dans un draguage à 45 m. devant Morges, j'ai trouvé un paquet d'une algue verte, Conferva fontinalis d'après Fr. Girardet, qui l'attribue à la flore littorale. Je n'hésite pas à admettre cette opinion; si cette algue habitait la région ou je l'ai pêchée, je l'aurais trouvée fréquemment dans les centaines de draguages que j'ai faits dans cette localité.

Pandorina morum de la famille des Volvocinées. Cette algue se développe, dans les mois de juin et de juillet, en nombre si considérable que l'eau des anses abritées en devient toute verte, d'un beau vert pomme.

Je dois encore citer dans ce groupe les algues pélagiques, Pleurococcus angulosus et Anabaena circinalis, que nous retrouverons plus loin, et qui entraînées par les courants vers le littoral, s'y trouvent accidentellement.

V. **Les algues inférieures.** Les Diatomées, Desmidiacées, Vauchériées, Oscillariées, Palmellacées etc., végétent abondamment dans la région littorale; elles y forment sur le sol cette couche que nous décrirons dans la région profonde sous le nom de feutre organique; elles revêtent de leur poussière brunâtre tous les corps immergés, et en particulier les plantes aquatiques. A la fin de l'été, les débris des grands phanérogames des forêts sous lacustres

---

(1) Comment le Protoderma se développe-t-il dans le lac? Dans le lac je l'avais toujours vu libre, jamais fixé. M. Schnetzler m'engageait à le chercher adhérent sur des bois ou pierres submergés; mes recherches avaient toujours échoué. Enfin pour la première fois, le 17 mars 1884, je viens de trouver des feuilles membraneuses de cette algue, adhérentes à un corps solide, dans le port de Morges. Le Protoderma viride n'est donc une algue flottante que dans un âge avancé; dans son jeune âge il est fixé et adhérent. Cependant sa très-grande abondance en certaines années, et la rareté de ces individus adhérents, me font croire à la possibilité d'une multiplication, ou tout au moins d'un accroissement de taille, à l'état d'algue flottante.

sont recouverts d'une mousse brunâtre, souvent très épaisse, formée uniquement de ces diverses Algues.

Les Diatomées se trouvent en grande abondance dans le lac. Elles ont été spécialement étudiées par le prof. J. Brun de Genève (XLII). Les Diatomées du lac appartiennent toutes aux mêmes espèces que celles des eaux terrestres (ruisseaux, étangs, marais). Pour mieux caractériser la flore lacustre M. Brun a eu l'obligeance de dresser, sur ma demande, une double liste; la première liste donne les Diatomées qui sont fréquentes dans les eaux du lac; le nombre des croix indique la fréquence relative; cette liste représente ce qu'on peut appeler la flore lacustre. La deuxième liste donne les espèces qui ne se trouvent jamais dans les eaux du lac. Quant aux autres espèces indigènes que l'on trouve indiquées dans son livre, elles peuvent se rencontrer accidentellement dans les eaux du Léman, mais elles ne font pas partie de la flore lacustre.

Diatomées de la flore lacustre du Léman.

† Achnantes flexella Breb.
† Cocconeis pediculus Ehr.
†† C. placentula Ehr.
†† Gomphonema intricatum Ktz.
††† Himantedium pectinale Ktz.
† Cymbella cymbiformis Breb.
† C. lanceolata Ehr.
† C. helvetica W. Sm.
†† C. maculata Ktz.
†† C. gracilis Ehr.
† Navicula dicephala Ktz.
†† N. elliptica Ktz.
† Mastogloïa Smithii Thw.
†† Tryblionella angustata W. Sm.
† Nitschia communis Rab.
†† N. linearis Ag.
† Denticula frigida Ktz.
††† Diatoma elongatum Ag.
† D. vulgare Bory.
††† Fragilaria capucina Desm.
† Synedra vaucheriae Ktz.
†† S. tenuis Ktz.
††† S. ulna, Ehr., var. amphirhynchus.
††† S. gracilis Ktz.
††† Cyclotella operculata Ag.
†† C. Kützingiana Thw.
†† Melosira varians Ag.

D'après ces notes, six espèces de Diatomées seraient très fréquentes dans le Léman à savoir:

Himantedium pectinale, Diatoma elongatum, Fragilaria capucina, Synedra ulna, S. gracilis, Cyclotella operculata.

Diatomées de la flore locale qui ne se trouvent jamais dans les eaux du Léman.

Achnantes flexella Breb., var. alpestris.
Gomphonema dichotomum Ktz., var. auritum.
G. geminatum Ktz.
G. sarcophagus Greg.
P. divergens W. Sm.
Surirella craticula Ehr.
S. helvetica J. Br.
Odontidium anceps Ehr.
Asterionella formosa Hass.

Cymbella alpina Grün.
Navicula sphaerophora Ktz.
Pinnularia mesolepta Ehr., var. nivalis.
» » var. nodosa.
Diatomella Balfouriana Grev.
Tetracyclus lacustris Ralfs.
T. Braunii Grün.
Melosira spinosa Grev.

— D'un lac à l'autre il y a de grandes différences dans la flore littorale. Elle est en général d'autant plus richement développée que le lac est plus petit, et que le littoral du lac est plus large; elle sera donc plus abondante là où les talus du lac sont moins inclinés, où la beine est plus étendue, et où il y a plus d'anses et de golfes abrités.

Je n'ai pas les matériaux nécessaires pour donner la liste des espèces littorales des autres lacs Subalpins. Du reste la flore littorale intéresse plutôt la faune profonde par son développement en masse et par la richesse de sa végétation, que par les espèces qui la composent. Le seul fait que nous avons à noter, c'est donc, que, dans tous les lacs, la région littorale se distingue par une végétation plus ou moins abondante de plantes vertes et d'algues inférieures; cette flore, dans sa grande généralité, est formée de plantes annuelles, qui se développent au printemps pour flétrir en automne.

La plupart des plantes de la région littorale, et en particulier les plus grandes et les plus importantes, sont des plantes annuelles, et ne vivent que pendant une saison assez courte. Mais leur développement très rapide n'en est que plus puissant; elles végètent avec une grande activité. Il en résulte que les phénomènes de désoxydation, qui sont à la base de la vie végétale, sont très intenses, et que la chlorophylle, richement produite, travaille énergiquement à débarrasser l'eau du lac de l'acide carbonique, dégagé par la respiration animale et par les combustions organiques. L'oxygène ainsi développé est une des sources importantes de ce gaz nécessaire à la vie animale.

Les mélanges, occasionnés par les courants, font que cette action favorable sur les gaz dissous dans l'eau, quand même elle s'opère dans la région littorale, se fait sentir jusque dans les grandes profondeurs du lac.

Les débris des plantes du littoral servent non-seulement à la nourriture des animaux herbivores de la région littorale, mais encore, dispersés dans le lac par les courants, ils finissent par sombrer dans les profondeurs et contribuent à l'alimentation de la faune profonde.

Les végétaux de la flore littorale, quelqu'éloignés qu'ils semblent être de la faune profonde, participent ainsi directement à la respiration et à la nutrition des animaux qui vivent dans les grands fonds du lac.

— Nous venons de voir que les plantes chlorophyllées de la région littorale descendent sur les talus du Mont jusqu'à 15—20 et même 25 m. de profondeur. (1) C'est à cette profondeur que se limite la région littorale, au point de vue biologique; c'est dans ces limites

(1) D'après A. Marion les Zostères ne descendent pas, dans les environs de Marseille, au-dessous de 25 ou 30 m., peut-être jusqu'à 35 ou 40 m. (CVII).

que nous devons admettre les frontières où cessent d'être représentées les conditions physiques qui permettent la végétation des plantes vertes. Il est évident que, pour cette végétation, le facteur le plus important, le facteur dominant, est la lumière. Quoiqu'il en soit, comme la vie des animaux de la région littorale est essentiellement liée à l'existence de la flore, la limite de la flore littorale, quelle qu'en soit la cause, détermine la limite de la faune littorale. Il suit de là qu'au-delà de cette limite, nous avons la faune profonde. La limite de 20 à 25 m. est donc pour nous la zône où commence au point de vue biologique la faune profonde des lacs.

Je dois cependant citer ici une observation qui diverge très notablement des faits observés dans le Léman. Le 16 août 1883, dans un draguage opéré près de Stanzstad, au lac des IV-Cantons, j'ai récolté, par 65 m. de profondeur, en assez grande abondance, une Algue filamenteuse verte; elle fut soumise encore vivante au professeur F. Girardet de Morges, qui y reconnut une Spirogyra, mais ne put en déterminer l'espèce, n'ayant pas réussi à en observer la conjugaison. Sommes-nous en présence d'une Algue chlorophyllée végétant à 65 m. de profondeur dans le lac des IV-Cantons?

Cela étendrait considérablement la zône supérieure, dans laquelle la végétation des Algues vertes est encore possible. Mais j'en doute beaucoup; c'est un fait trop divergent de ce que nous avons dans le Léman, où toute plante verte s'arrête à 25 m., au plus, de profondeur. Je crois beaucoup plus probable que j'ai eu affaire à des Algues littorales arrachées par les vagues du föhn, qui soufflait assez fortement dans les jours de mon expédition, et charriées en avant et au fond par les courants; ou plutôt, ce qui me paraît encore plus plausible, ma drague a rencontré une touffe de Spirogyra flottant entre deux eaux, en plein lac, et elle l'a saisie, ou en descendant, ou en montant, et l'a mélangée avec le produit du draguage profond. Ce qui me confirme dans cette idée, c'est que le Dr. Asper qui a fait un grand nombre de draguages dans cette localité, n'a jamais rien trouvé d'analogue, et n'a pas constaté la présence de cette algue dans la profondeur [1].

§ II. Poissons.

Parmi les animaux divers qui peuplent le lac, une seule classe est assez mobile pour passer d'une région à l'autre; ce sont les Poissons, qui par leurs migrations régulières appartiennent alternativement à l'une ou à l'autre des faunes *(Mat. VIII)*. La plupart des espèces appartiennent à la fois aux faunes littorales et profondes, quelques-unes aux faunes littorales et pélagiques, quelques-unes enfin aux faunes pélagiques et profondes. Au lieu de diviser l'étude des poissons en trois paragraphes, rentrant dans chacune de nos trois

[1] Je viens de citer un exemple à peu près semblable dans un paquet de Conferva fontinalis trouvé par moi dans un draguage à 45 m. devant Morges.

faunes, je crois plus utile et plus facile de les considérer ici d'une manière générale et de décrire dans leur ensemble, leurs migrations, telles que je les connais dans le Léman.

Les 21 espèces de poissons signalées par Lunel (XLIII) sont :

Perca fluviatilis	La Perche.	Leuciscus rutilus	Le Vangeron (le Gardon).
Cottus Gobio	Le Chabot.		
Lota vulgaris	La Lotte.	Squalius cephalus	Le Chevaine.
Cyprinus carpio	La Carpe.	Phoxinus laevis	Le Véron.
Cyprinopsis auratus	Le Poisson rouge.	Cobitis barbatula	La Loche franche.
Tinca vulgaris	La Tanche.	Coregonus fera	La Féra.
Gobio fluviatilis	Le Goujon.	C. hiemalis	La Gravenche.
Alburnus lucidus	L'Ablette.	Thymallus vulgaris	L'Ombre.
A. bipunctatus	Le Spirlin.	Salmo umbla	L'Omble chevalier
Scardinius erythrophthalmus	Le Rotengle.	Trutta variabilis	La Truite.
		Esox lucius	Le Brochet.
		Anguilla vulgaris	L'Anguille.

Je commence par écarter de la faune normale du lac:

1° Le Véron, la Loche franche et l'Ombre, qui sont essentiellement des poissons de rivière, et ne se rencontrent dans le lac qu'accidentellement.

2° Le Poisson rouge de Chine qui a été introduit récemment dans le lac par acclimatation accidentelle; il n'est pas indigène et est encore très-rare[1].

3° L'Anguille qui s'y pêche parfois. Mais d'une part ce poisson ne peut arriver qu'exceptionnellement dans le lac, l'émissaire, le Rhône, étant pour lui barré à Bellegarde ; il est extrêmement rare dans le Léman ; d'une autre part ses mœurs me sont inconnues, je ne saurais décrire ses migrations et je préfère le laisser de côté.

Restent 16 espèces bien établies dans le lac.

De ces 16 espèces une seule est cantonnée dans la région littorale et n'en sort pas ; c'est le Chabot qui vit dans les fonds pierreux, et qui ne saurait trouver ce milieu nécessaire à ses mœurs en dehors de la beine et de la grève inondée.

Restent 15 espèces de poissons migrateurs, qui passent d'une région à l'autre.

Deux espèces habitent normalement la région pélagique du lac ; ce sont les Corégones, Féra et Gravenche. Ils sont essentiellement pélagiques et présentent cette livrée spéciale qui caractérise les poissons de ce groupe, blanc d'argent sur le ventre, bleu plus ou moins intense sur le dos. Ces Corégones à régime insectivore vivent aux dépens des Entomostracés pélagiques, les suivent dans leurs migrations diurnes et ne viennent à la côte que en temps de frai. L'époque du frai des Corégones est fort différente d'une espèce à l'autre. La Gravenche fraie en décembre et en janvier, sur la beine; elle entre

[1] J'en ai cependant vu un en plein lac devant Evian.

donc à cette époque dans la région littorale. La Féra fraie en février et mars, dans les plus grands fonds du lac, par 200 à 300 m. de fond, où les pêcheurs de La Vaux et de Savoie lui ont fait, jusqu'en 1883, une chasse désastreuse [1]. Pendant cette période la Féra appartient à la faune profonde.

Je joindrai aux Corégones l'Omble-chevalier, qui habite aussi la région pélagique, sans jamais venir dans le littoral. Il se nourrit de Corégones. Comme la Féra, il fraie dans les profondeurs ; un peu moins bas cependant que la Féra, car ses principales frayères, près d'Yvoire, sont par 100 m. environ de fond. On le trouve fréquemment aussi dans les filets à Féra, tendus par 200 ou 300 m., dans le Haut-lac.

Les Corégones sont la proie ordinaire des grands carnassiers, qui vont les chercher dans la région pélagique : la Truite, l'Omble-chevalier, le Brochet, les poursuivent en plein lac ; le Brochet pourchasse la Gravenche sur ses frayères en beine ; la Lotte et l'Omble-chevalier descendent avec la Féra dans les grands fonds à l'époque du frai.

Nous avons encore à citer la Lotte, comme allant frayer dans les grands fonds; elle est souvent prise par les pêcheurs d'Ouchy dans les filets à Féra, en février et mars.

En résumé les grands fonds du lac sont visités annuellement par la Féra, la Lotte et l'Omble-chevalier.

Continuons cette étude sur les migrations des poissons. Des 15 espèces à migrations nous en avons cantonnés trois dans la région pélagique : les 2 Corégones et l'Omble-chevalier : restent 12 espèces.

Les 8 espèces de Cyprinidés connus sous le nom de *poissons blancs* ont des migrations très-régulières; pendant l'été ils vivent en beine, vers le littoral et en hiver ils descendent sur les flancs du mont et le long des talus du lac, de 10 à 40 m. de profondeur. Les carnassiers littoraux, les Perches, les Lottes, les Brochets, les Truites, suivent leur proie habituelle et font les mêmes migrations estivales que les Poissons blancs.

Quel est la cause de cette migration des poissons littoraux, qui vont passer l'hiver dans la zône supérieure de la région profonde? Je la cherche dans deux ordres de faits :

a) dans les faits de température; il arrive souvent qu'en hiver la région littorale se refroidit notablement au-dessous de 4°, tandis que la région pélagique reste à des températures supérieures ; les poissons doivent être attirés par les eaux plus chaudes.

b) dans les faits d'éclairage. Les poissons herbivores, sans cesse poursuivis par les carnassiers, ne peuvent leur échapper en hiver qu'en allant se réfugier à la limite de la région obscure; en effet en hiver les eaux sont si transparentes, qu'elles permettent parfaitement la vue dans les régions éclairées, et les forêts des plantes annuelles de la beine, qui se sont flétries en automne, n'offrent plus la protection de leur ombre.

---

[1] Les nouveaux règlements de pêche, édictés en 1883 en suite de conventions intercantonales et internationales, ont heureusement mis fin à la dévastation qui se faisait en hiver sur les frayères des Féras.

En été au contraire, lorsque les eaux sont opalines, et que, surtout dans la beine, elles sont chargées de poussières, les poissons blancs peuvent venir se réfugier dans les fourrés des forêts aquatiques, où ils trouvent en même temps cachettes contre leurs ennemis, et abondance de nourriture (1).

Je n'ai pas d'arguments décisifs pour me prononcer entre ces deux ordres de causes, mais je me rattacherais plus volontiers à la seconde.

Quoiqu'il en soit, par ces migrations, les poissons blancs et les carnassiers qui les suivent, habitent en hiver dans la zône supérieure de la région profonde.

La région profonde est donc temporairement habitée, dans sa zône inférieure par trois espèces seulement, et dans sa zône supérieure par tous les poissons du lac à l'exception du Chabot et de la Gravenche (2).

Il est inutile d'ajouter que tous ces poissons, insectivores, omnivores ou carnassiers, profitent tous, directement ou indirectement, de la proie facile que leur offrent les invertébrés de la faune profonde, et qu'ils trouvent abondante provision de nourriture dans les régions obscures du lac, que nous allons voir bien plus peuplées qu'on ne l'a supposé jusqu'à présent.

§ III. Faune littorale.

La faune littorale a pour l'étude de la faune profonde un grand intérêt; c'est chez elle que nous devons chercher l'origine de la plupart des animaux qui habitent dans les grands fonds des lacs. Il est donc très-important, si l'on veut comprendre les diverses faunes profondes des divers lacs, que l'on s'occupe en même temps de l'étude des faunes littorales de ces mêmes lacs. Malheureusement l'on est bien loin d'avoir fait ce travail pour toutes les eaux suisses.

Je vais d'abord donner un catalogue de la faune littorale du lac Léman *(Mat. XXXI)*, en réunissant toutes les espèces dont je connais l'existence (3). Les diversités d'habitat

(1) Dans son étude du golfe de Marseille (CVII), A. Marion parle de faits analogues; d'après lui les poissons se cachent dans les forêts de Zostères, les uns pour surprendre leur proie, les autres pour éviter leurs ennemis. Après la chûte des feuilles des Posidonies en hiver, les poissons n'ayant plus cette protection passent la journée dans les retraites et n'en sortent qu'à la nuit. C'est la nuit seulement qu'on peut alors les pêcher.

(2) Il n'y a donc pas dans notre lac une seule espèce de poisson spéciale à la région profonde. Les pêcheurs du moins n'en ont pas encore jusqu'à présent rencontré.

(3) Pour la détermination des animaux de la région littorale du Léman, je m'appuie sur les publications antérieures, et sur les communications obligeantes de MM. Ed. Bugnion de Lausanne et Osten-Sacken d'Heidelberg pour les Insectes, G. Haller de Berne pour les Arachnides, A. Humbert de Genève, H. Vernet de Duillier et A. Lutz de Berne pour les Crustacés, A. Brot de Genève et S. Clessin d'Ochsenfurt pour les Mollusques, G. du Plessis d'Orbe, E. Grube de Breslau et L. v. Graff d'Aschaffenburg pour les Vers, et pour les Molluscoides, Coelentérés et Protozoaires, sur les études de mon collègue et ami le Dr. G. du Plessis, professeur de zoologie à l'Académie de Lausanne, à l'aide obligeante duquel je n'ai jamais fait appel en vain.

dans les différents sols, et les différentes régions du littoral, n'ont pas une assez grande importance pour l'étude des rapports de la faune littorale avec la faune profonde, pour que j'entre ici dans une distinction fort longue et fort compliquée, en une foule de sous-régions [1]. Je réunis donc en une seule faune, faune littorale, ce que je pourrais diviser en: Faune de la grève caillouteuse; faune des ténevières; faune des vases de la beine; faune des sables de la beine; faune des talus du mont; faune des murs, roches et pilotis, etc.

I. VERTÉBRÉS.

Parmi les 5 classes de vertébrés, une seule nous intéresse aujourd'hui: les Poissons. Je me réfère à ce que j'ai dit dans le paragraphe précédent; je le résume comme suit:

Une seule espèce, le Chabot, est confinée dans la région littorale et n'en sort pas.

Toutes les autres espèces du lac, au nombre de 15, viennent toutes en beine, à l'exception de la Féra et de l'Omble-chevalier, les unes pour y habiter en été, Cyprinidés et Carnassiers littoraux, les autres pour y chasser accidentellement leur proie, Carnassiers erratiques; les autres pour y frayer, la Gravenche et le Brochet.

II. ARTHROPODES.

Insectes.

A l'état adulte je ne connais que deux espèces habitant dans le lac: Haemonia equiseti, marchant sur les herbes des forêts aquatiques de la beine, et Sigara Lemani, nageant et se fixant sur les pierres et les bois de la beine inondée.

A l'état de larves, il y a une population abondante et variée. Je citerai entr'autres: Chironomus, Tanypus, Anopheles, dans le limon et la vase, Tinodes lurida dans des fourreaux sur les pierres et les bois, Hydroptiles sur les pierres de la beine, Polycentropus dans la vase, Syzira spongillae, parasite des éponges, dans le port de Morges, etc.

Arachnides.

Je me base sur le travail de Haller, en 1882 (LXXI), pour l'énumération des espèces connues dans le Léman, au nombre de 14, dont une parasite:

Arrhenurus sinuator Müller. A. globator Koch. Axona versicolor Kramer. Forelia cassidiformis Haller-Lebert. F. Ahumberti Haller. Hygrobates nigromaculatus Haller. Limnesia histrionica Bruz. L. pardina Neuman. L. undulata Koch. Nesaea binotata Kramer. N. nodata Müller. Atax spinipes Bru-

[1] Dans son esquisse de topographie zoologique du golfe de Marseille, A. Marion distingue les sous-régions suivantes: les ports, la zône littorale émergée, la zône littorale immergée de 0 à 2 m., la région des plages, les prairies de Zostères, le pourtour des prairies de Zostères (graviers, coralligènes, et sables vaseux), les fonds vaseux (CVII).

zelius. A. crassipes Bruz. A. upsilophora Clap., cette dernière espèce parasite des Anodontes.

Toutes ces bestioles, à l'exception de la dernière, sont nageuses, marchent sur la vase ou sur les herbes aquatiques.

Crustacés.

Décapodes. Astacus fluviatilis F., sous les pierres des ténevières.

Amphipodes. Gammarus pulex sous les pierres de la grève submergée et des ténevières, et dans les gazons de Charas.

Cladocères (1). Eurycercus lamellatus O. F. M. Camptocercus macrourus O. F. M. Acroperus leucocephalus Koch. A. striatus Jurine. Alona grisea Fischer. A. acanthocercoïdes Fisch. Alonella excisa Fisch. Pleuroxus personatus Leyd. P. trigonellus O. F. M. P. truncatus O. F. M. Chydurus sphaericus O. F. M. Acanthocercus sordidus Lievin. Daphnia mucronata O. F. M. Simocephalus vetulus O. F. M. Sida crystallina O. F. M.

Ostracodes (1). Candona lucens, Cypris ovum, plus un gros Ostracode vert, de 2 m/m. de long sur 1 m/m. de large, non encore déterminé.

Copépodes (1). Diaptomus castor Jur. Cyclops brevicaudatus Claus. C. serrulatus Fischer. Canthocamptus staphylinus Jur.

Tous ces petits Entomostracés sont nageurs, ou rampent dans la vase ou sur le sol.

III. MOLLUSQUES.

Gastéropodes.

Limnaeus stagnalis dans les baies abritées. L. auricularius sur les cailloux et les plantes de la beine. L. minutus.

Planorbis marginatus Drap. Pl. albus Müll. (Pl. deformis, Hartmann) sous les pierres des ténevières et de la grève.

Bythinia tentaculata, sur le Charas du talus du mont.

Valvata piscinalis sur le sable de la beine.

Ancylus lacustris dans les ténevières. A. fluviatilis près de l'embouchure des ruisseaux.

Lamellibranches.

Anodonta anatina. L.; A. Pictetiana Mortillet, à Villeneuve. A. cygnea, à Villeneuve. A. cellensis, ports fermés et anses abritées (CXXXIII). Les Anodontes vivent de préférence dans la vase ou le limon; elles sont rares dans le sable pur de la beine. Pisidium amnicum, P. Henslowianum, P. pulchellum, Cyclas cornea, dans les parties sableuses et limoneuses de la beine.

---

(1) D'après les notes de H. Vernet, A. Lutz et les miennes.

IV. VERS.

Annélides.

Chétopodes. Stylaria proboscidea, Naïs elinguis, sur les rameaux des plantes aquatiques.

Saenuris rivulorum, Bathynomus Lemani E. Grube, dans la vase de la beine.

Chaetogaster vermicularis, parasite des Limnées du port de Morges [1].

Hirudinés. Clepsine bioculata, Cl. complanata, Cl. marginata, Nephelis vulgaris, sur et sous les pierres de la grève inondée et des ténevières. Branchiobdella astaci, parasite de l'écrevisse.

Bryozaires. Fredericella sultana, dont les polypiers se fixent sous les pierres de la beine, et sur les rameaux des plantes arborescentes et des Charas du mont.

Rotateurs. Floscularia ornata. Bracchion . . .

Nématoïdes. Mermis aquatilis Duj., en grand nombre autour des racines de Potamogeton crispus, quelques individus isolés dans la vase. Mermis chironomii Siebold, Dorylaimus stagnalis, Trilobus gracilis.

Pour les Nématoïdes, Cestoïdes et Trématodes, parasites des Poissons, voyez le paragraphe où j'en ferai l'énumération, à propos de la faune profonde.

Cestoïdes. Ligula simplicissima se trouve parfois libre dans la vase molle de la beine. C'est évidemment un parasite échappé de son hôte.

Turbellariés. D'après les notes de G. du Plessis et les miennes:

Microstoma lineare Oe. Stenostoma unicolor O. Schm. Prorhynchus stagnalis M. Sch. Monotus (Otomesostoma) Morgiense G. du Plessis. J'ai trouvé sur les Charas du bord du mont cette espèce, décrite d'abord dans la région profonde. Mesostoma lingua O. Schm. M. Ehrenbergii O. Schm. M. pusillum O. Schm. M. rostratum Ehrbg. M. viridatum M. Sch. M. sulphureum De Man. Gyrator hermaphroditus Ehrbg. Plagiostoma Lemani G. du Plessis. Cette belle espèce, que nous avons d'abord découverte dans la région profonde, je l'ai retrouvée dans le littoral sur les Charas du bord du mont. Dendrocoelum lacteum Oerst. D. fuscum Stimps. D. quadrioculatum L. Graff. Ces trois planaires rampent sous les pierres de la beine.

V. COELENTÉRÉS.

Hydroïdes.

Hydra fusca. H. grisea. H. aurantiaca. H. rubra. H. viridis. Ces hydres se trouvent sur les rameaux des plantes aquatiques, sur et sous les pierres de la grève et des ténevières.

---

[1] Plus un beau Lumbricus, non encore déterminé, que je trouve sous les pierres inondées, près de l'embouchure de la rivière la Morge.

Spongiaires. Spongilla fluviatilis en colonies plates et discoïdes, grisâtres, sous les pierres de la grève et des ténevières ; en grandes colonies d'un beau vert de chlorophylle, d'où s'élèvent des rameaux arborescents atteignant jusqu'à 8 c/m. de long, sur les pilotis des murs de Morges.

VI. PROTOZOAIRES.

Infusoires. Ophrydium versatile, Zoothamnium arbuscula, sous les pierres de la grève et des ténevières. Carchesium polypinum sur les bois et les rameaux des plantes aquatiques. Stentor coeruleus, sur les pierres et roseaux de la beine. St. polymorphus. St. Roeselii. Spirostomum ambiguum. Bursaria truncatella. Cette liste d'Infusoires est évidemment insuffisante.

Rhizopodes. Non encore étudiés. J'ai constaté, dans le temps, dans mon aquarium un grand nombre de Rhizopodes, Amoeba, Difflugia, Arcella, Actinophrys. Mais comme dans l'eau j'avais apporté des pierres et des plantes d'eau provenant des ruisseaux et étangs de la terre ferme, aussi bien que du lac, je ne puis affirmer l'origine lacustre des espèces que j'y ai trouvées.

Telle est la liste des espèces connues dans la faune littorale du lac Léman, ou plus exactement dans le golfe de Morges ; il est probable que la même étude faite sur d'autres régions du littoral amènerait la constatation d'un nombre important d'espèces qui ne sont pas représentées dans la localité de mes recherches.

Nous verrons, par l'étude de la faune profonde, qu'il y a certainement à ajouter à cette liste un assez grand nombre d'espèces qui doivent exister dans la région littorale.

— Il serait fort désirable que l'on possédât pour les autres lacs Suisses des listes analogues, qui rendissent possible une comparaison utile de ces faunes littorales ; pour l'étude des origines de la faune profonde cela serait fort urgent. Malheureusement je ne connais pas pour notre pays de catalogue zoologique général; pour quelques groupes spéciaux l'on pourrait peut-être établir des listes en compulsant les faunes Suisses ; mais arriverait-on à des résultats bien utiles? j'ose en douter. Il est une seule classe, celle des Mollusques, qui, à ma connaissance, ait été étudiée d'une manière un peu suffisante.

Pour la faune malacologique du littoral des lacs nous possédons un travail comparatif du plus grand intérêt, c'est celui de S. Clessin sur la faune des lacs de la Haute-Bavière (XLIV). Je ne sais mieux faire que de traduire ici le résumé que l'auteur lui-même a donné de ses recherches, dans un travail subséquent(XLV). « Les animaux du littoral sont exposés à des conditions de milieu fort mouvementées; grande agitation par les vagues, lumière puissante, variations estivales de température, variations estivales de profondeur d'eau. Les Mollusques qui vivent dans cette région ont dû s'adapter à ces conditions spéciales, à l'habitat des bords des grands lacs. Le nombre des espèces de Mollusques déjà constatées dans les lacs est assez considérable ; mais la plupart de ces formes sont can-

tonnées dans des localités abritées, où elles retrouvent à peu près les conditions de vie des étangs ou des marais. Les espèces qui se sont développées dans les régions ouvertes du littoral, et qui se sont adaptées aux conditions de la vie lacustre, sont au contraire peu nombreuses, mais elles sont en général remarquablement riches en individus. On peut compter comme espèces lacustres: «Limnaea stagnalis. L. auricularia. L. ovata. L. mucronata. Les Physes font absolument défaut. En fait de Planorbes il n'y a que Pl. albus (Pl. deformis) et encore est-elle peu abondante. Dans les Valvées il n'y a que Valvata antiqua. En fait de Bivalves je n'ai à citer que Anodonta mutabilis qui se présente en un grand nombre de variétés lacustres (1), et Unio piscinalis. La seule espèce de Cyclas lacustre est Sphaerium corneum (Sph. duplicatum); quant aux Pisidies il y a un grand nombre d'espèces lacustres.

« Toutes les autres espèces, et elles sont nombreuses, que j'ai énumérées dans mes « Beiträge zur Mollusken-Fauna der bayerischen Seen (XLIV) », sont localisées dans des stations protégées contre le choc des vagues, et ne doivent pas être considérées comme de vraies formes lacustres.

« Chez les Mollusques lacustres on reconnaît une variabilité très-étendue entre les divers individus d'une même espèce, variabilité qui n'est représentée dans aucun autre milieu habité par les mêmes animaux. L'on sait que les coquilles des Mollusques aquatiques présentent en général une très-grande variabilité, des variations considérables et des variétés en nombre presque illimité, dans les diverses localités où ces animaux sont soumis à des conditions différentes. Mais dans ce groupe des Mollusques aquatiques, nulle part la variabilité n'est poussée aussi loin que dans les formes lacustres proprement dites.

« Les conditions physiques, ou conditions de milieu, des grands lacs sont tellement différentes de celles des autres masses d'eau douce, qu'elles forcent certains Mollusques à changer leurs mœurs les plus caractéristiques, qu'ils ne sauraient conserver sous peine d'une destruction plus ou moins immédiate. C'est ainsi que les Limnées ont dû renoncer à venir respirer l'air en flottant à la surface de l'eau; si elles avaient gardé cette habitude elles auraient bientôt été brisées par les vagues contre la rive; c'est ainsi que les Nayades sont forcées de se fixer énergiquement, en dilatant leur pied musculaire dans le sol, pour ne pas être arrrachées par les vagues. L'agitation de l'eau empêche généralement le développement des plantes aquatiques, Potamogeton, Lemna, Utricularia; ces plantes qui forment la nourriture de nos escargots d'eau, ne peuvent végéter que dans les anses abritées. Partout où ces plantes font défaut, les Gastéropodes sont réduits à brouter les algues qui recouvrent les pierres submergées, d'un tapis fort abondant il est vrai. Or, ces

(1) On sait que Clessin ne reconnaît dans nos Anodontes européennes que deux espèces, Anodonta mutabilis Cless. avec les variétés cygnea, cellensis, piscinalis, anatina et lacustrina, et Anodonta complanata, Ziegler, laquelle est caractérisée par la structure des branchies.

algues sont le plus souvent très-calcaires ; la chaux entrant ainsi en grande quantité dans l'alimentation des Mollusques lacustres, leur coquille est en général fort épaisse.

« Mais ces modifications dans la structure ou les mœurs des Mollusques disparaissent partout où le lac est planté d'herbes aquatiques. Dans ces localités tranquilles, où l'eau est peu agitée, les formes ne présentent plus les particularités des animaux lacustres ; quelques-uns de ces Mollusques ne se différencient en rien de leur frères habitant les marais, étangs ou ruisseaux de la terre ferme ; quelques autres cependant doivent être décrits comme constituant des variétés locales.

« Il n'y a aucun doute que les diverses formes lacustres se soient différenciées par adaptation au milieu. Mais sous ce rapport chaque lac conserve son caractère spécial : je pourrais à peine citer un lac, parmi ceux que j'ai explorés, dont toutes les variétés de Mollusques coïncident avec celles d'un autre lac. Dans chaque lac je trouve une ou plusieurs variétés spéciales, en général au moins une Anodonte et une Limnée. Ces formes sont représentées ordinairement par un nombre considérable d'individus. Aussi, pour comprendre les caractères morphologiques des diverses variétés, il ne suffit pas de considérer seulement les conditions générales du milieu lacustre ; il y a lieu de tenir aussi compte des conditions spéciales de chaque lac et même de chaque station. »

Parmi les lacs dont Clessin a étudié la faune littorale, un seul rentre dans notre région, c'est le lac de Constance. Voici la liste des Mollusques qu'il y admet:

Limnaea stagnalis L., var. bodanica Cl. L. auricularia, typica var. angulata Hartmann, var. tumida Held, var. Hartmanni Studer, var. ampla Hartm., var. papillaris Hartm. L. palustris, var. cervus Gmel., var. peregriformis Cl. L. truncatella Müller. Planorbis carinatus Müll. Pl. deformis Hartm. Bythinia tentaculata L. Valvata contorta Menke. V. piscinalis Müll. V. cristata Müll. Ancylus lacustris. Anodonta mutabilis S. Cless., var. oviformis Cl. A. piscinalis Nils. A. rostata Kok. Unio batavus Lam. Sphaerium corneum var. nucleus Stud. Sph. calyculatum Drap. Pisidium amnicum Müller.

— Il est un groupe d'organismes que nous avons trop négligé dans nos études sur l'histoire naturelle du Léman et des lacs du Nord des Alpes. Ce sont les Protistes qui sont très-richement représentés dans les eaux des lacs, si nous en jugeons par les belles recherches du professeur L. Maggi de Pavie et de ses élèves. Les naturalistes italiens ont constaté un nombre considérable de Protistes, soit dans les eaux littorales, soit dans les eaux profondes. Je donnerai une idée de la richesse de cette faune, en réunissant ensemble les listes, données par Maggi (XLVI) et G. Cattaneo (XLVII), des Protistes des eaux superficielles du lac de Côme; dans leurs recherches ces auteurs n'ont pas séparé la région pélagique de la région littorale. Je renvoie aux mémoires de Maggi pour les travaux analogues faits dans d'autres lacs italiens, lac de Brinzio, de Varese, de Pusiano, d'Annone, de Garde, d'Idrio, de Candia, etc.

Protistes des eaux superficielles du lac de Côme.

Protomonera. Bacterium termo Duj. Bacillus ulna Cohn. Vibrio rugula Müller.

Lobosa. Amoeba radiosa Ehr. et Auerb. (*) A. diffluens Ehr. A. brachiata Duj. A. Crassa Duj. Arcella vulgaris Ehr. Pseudochlamis patella Cl. et L.

Heliozoa. Actinosphaerium Eichhornii Ehr.

Flagellata. Monas viridis Duj. M. flavicans Ehr. M. lens Perty. M. guttula Ehr. M. ovalis Ehr. Cercomonas acuminata Duj. Microglena monadina Ehr. Euglena viridis Ehr. Paranema virescens Duj. Uvella glaucoma Ehr. U. virescens Bory.

Ciliata. Vorticella microstoma Ehr. V. nebulifera Ehr. V. campanula Ehr (*). V. convallaria Ehr. V. nutans Cl. et L. V. citrina Ehr. Scyphidia piriformis Perty. Epistylis plicatilis Ehr. E. parasitica Ehr. Gerda glans Cl. et L. Oxytricha pellionella Ehr. O. radians Duj. (*). O. gibba Ehr. Stylonichia pustulata Ehr. S. mytilus Ehr. Aspidisca lincaeus Ehr. Paramecium aurelia Ehr. Colpoda cucullus Ehr. (*) Cyclidium glaucoma Ehr. Trachelophyllum pusillum Cl. et L. Amphileptus anaticula Cl. et L. A. meleagris Cl. et L. A. anser Ehr. Loxophyllum fasciola Cl. et L. Chilodon cucullulus Ehr. Coleps hirtus Ehr. C. elongatus Ehr.

D'après une communication fort obligeante du Dr. Cattaneo, je puis, dans la liste ci-dessus, séparer les espèces vivant dans l'eau près du rivage, de celles qui vivent dans le limon. Je marque d'un astérisque (*) les espèces trouvées sur le limon, dans le littoral jusqu'à 20 ou 30 m. de profondeur. D'après Cattaneo, à la surface dominent les Ciliés et les Flagellés, dans le sédiment les Rhizopodes et les Protistes, et dans la région pélagique les Cilio-Flagellés. Nous n'avons aucune raison de ne pas étendre les faits constatés dans les lacs italiens à nos lacs du Nord des Alpes; en attendant que des recherches spéciales aient étudié la faune protistologique du Léman et des autres lacs de la région Subalpine du Nord, nous admettrons que les eaux superficielles de nos lacs sont habitées par une faune abondante et variée de Protozoaires et de Protistes. Qu'il nous soit permis en réclamant la mise en œuvre, chez nous aussi, de ces études, de demander que l'on sépare aussi bien que possible les groupes de protistes des eaux littorales de ceux des eaux pélagiques. Cette distinction, on l'a déjà vu et on le verra encore, est du plus grand intérêt zoologique.

§ IV. Flore pélagique.

La flore pélagique des lacs d'eau douce est fort réduite; elle consiste uniquement en Algues cellulaires de petite taille.

Dans le lac Léman *(Mat. XXXIII)* cette flore ne comprend que les espèces suivantes:

Palmellées. Pleurococcus angulosus Menegh. (1), d'un vert brillant, flottant entre deux eaux; le nombre des flocons de cette Algue n'est jamais assez grand pour donner à l'eau une teinte verdâtre; je ne l'ai jamais vue surnager à la surface, je ne l'ai jamais trouvée dans les draguages profonds.

Anabaena circinalis Rab. (et A. flos aquae)(1), cette petite Algue floconneuse d'un jaune verdâtre, apparaît en hiver parfois en nombre énorme (2); elle flotte entre deux eaux près de la surface.

Diatomées. Gomphonema angustatum. Cette Diatomée, très légère et très peu siliceuse a été trouvée par le prof. J. Brun de Genève flottant à la surface de l'eau dans les taches d'huile (3).

Ces Algues pélagiques ne sont pas spéciales à la région qu'elles habitent, d'après MM. Schnetzler et Brun; elles ne diffèrent en rien de celles qui végètent dans les étangs et les marais; mais leur constance et leur grand nombre dans le lac montrent qu'elles ne sont point des hôtes accidentels dans la région pélagique; elles se développent et se reproduisent dans le lac et forment les rudiments d'une flore pélagique.

---

(1) Déterminé par J. B. Schnetzler.

(2) Leur nombre peut être énorme; le 16 février 1869 pendant une chasse au grèbe qui avait promené notre péniche bien loin sur le lac, j'aperçus pour la première fois ces petits flocons jaunâtres; je constatai leur présence sur une surface considérable, de la Venoge à Evian, de Thonon aux Fontanettes; à 10 flocons par pied carré j'évaluai à 4 milliards le nombre de ces paquets d'Algues qui flottaient dans la partie du lac où je les observai. Mon ami A. Revilliod qui chassait sur une autre péniche vit le même jour, ces mêmes flocons devant Rolle et devant Nyon; ils étaient répandus sur tout le lac. Le 15 mars 1884 en plein lac devant Ouchy j'évaluai leur nombre à un flocon par décimètre carré, soit cent millions par kilomètre carré du lac.

(3) Le prof. J. Brun a exposé, dans la séance du 17 avril 1884, de la société de physique de Genève, ses recherches sur les organismes pélagiques du lac, dans les environs de Genève, au printemps de 1884 (CXXXII). Il a constaté:

Nostoc tenuissimum. Leptothrix rigidula. Bacterium lineola Cohn. Bacillus ulna. Vibrio serpens (Cohn). Spirillum undula Ehr. Merismopedia punctata Ktz. Oscillaria migra var. fusca Vaucher.

En fait de Diatomées, Brun a reconnu à la surface du lac: Asterionella formosa Hassel. Cyclotella Comta et C. operculata Ehr. Nitzschiella (Fragilaria) pecten Castr. Melosira orichalsea (W. Sm.). Nitzschia palea (W. Sm.). N. fonticola Grem. Diatoma Ehrenbergii Ktz. D. vulgare Ber. Cymbella gracilis Rab. Synedra gracilis Rab. Navicula dicephala Ehr. et N. Mauleri J. Br.

Cette liste est très différente de celle que Brun nous avait donnée des Diatomées de la région littorale p. 73, et de celles de Kübler, Brun et Thomas pour les Diatomées de la région profonde (voir plus bas).

En fait de Cilio flagellé, Brun confirme la présence fréquente de Ceratium hirundinella Bergh. syn. de C. macroceras Schr..

Voyez encore du même auteur: Végétations pélagiques et microscopiques du lac de Genève (CXLI).

Fleur du lac. Au printemps, généralement vers le milieu de mai, on voit le lac sali par d'énormes quantités d'une poussière jaunâtre qui, accumulée par les courants, forme de grandes taches ou traînées; les pêcheurs l'attribuent à une floraison du lac. Ce phénomène a été étudié en 1854 par le professeur J. B. Schnetzler (XLVIII) qui a reconnu que la poussière jaunâtre est essentiellement composée de pollen de conifères; ces pollens proviennent évidemment des forêts des Alpes, et sont apportés au lac par les vents et les affluents. Au milieu de cette poussière, Schnetzler a trouvé une grande quantité d'organismes vivants; il cite entr'autres :

Rotifères: Monostyla lunaris. Salpina mutica. Dileptus aureus.

Protozoaires : Monas lens. Kerona pustulata. Enchelys pupa. Vorticella convallaria. Colpoda cucullus. Chilodon cucullus. Paramecium caudatum. Trachelius fasciola. Loxodes cucullus. Polytoma uvella.

Algues : Vaucheria . . Oscillatoria . . Protococcus sanguineus.

Diatomées : Gomphonema constrictum. Diatoma tenue. Navicula.... Closterium . . .

Tous ces organismes n'appartiennent qu'accidentellement à la région pélagique; ils n'y subsistent que grâce au pollen sur lequel ils prennent leur support et dont ils se nourrissent.

Les Algues qui constituent essentiellement la flore pélagique, aussi bien que celles qui s'y trouvent accidentellement, végètent dans l'eau en assimilant les matières azotées et l'acide carbonique dissous dans l'eau, et en dégageant de l'oxygène; elles contribuent donc à rendre l'eau propre à la respiration des animaux. Elles servent aussi à la nourriture de la faune pélagique et contribuent par cela même, comme nous le verrons, à la nourriture de la faune profonde.

— Des faits analogues ont été constatés dans d'autres lacs. J'ai noté moi-même des Algues pélagiques dans les eaux des lacs de Neuchâtel, de Morat, de Joux, de Thoune, d'Annecy, du Bourget, de Starnberg etc. Mais je n'ai pas eu l'occasion d'en faire faire la détermination spécifique.

L'Algue pélagique du lac de Neuchâtel se présente d'après J. Brun (XLIX) sous trois formes appartenant à une seule espèce de Palmellée, mais qui a reçu les noms de Pleurococcus palustris Kütz. quand elle est rouge, de Tetraspora virescens Hassal quand elle est verte, de Palmella Ralfsii Hass. quand elle est orange.

Au printemps l'eau du lac de Morat se colore parfois en rouge par le fait d'une Oscillariée, Oscillatoria rufescens De Candolle (L).

Dans le lac du Bourget le Dr. O. E. Imhof (LI) de Zurich a reconnu le 5 octobre 1883 des flocons d'Anabaena circinalis de Pleurococcus angulosus, des Gallionelles et des Fragillariées.

§ V. Faune pélagique.

La région centrale ou pélagique de nos lacs est loin d'être inhabitée(II). L'attention des naturalistes a été dirigée sur les animaux qui la peuplent, il y a 15 ans déjà. P. E. Müller de Copenhague constata en 1868, dans nos lacs, l'existence des mêmes groupes d'Entomostracés, qui, quelques années auparavant, avaient été découverts dans les eaux scandinaves par Lilljeborg et Sars (I).

La faune pélagique du lac Léman se compose de divers groupes d'animaux (*Mat. XXXII*).

1° *Les oiseaux pélagiques* appartenant tous à l'ordre des palmipèdes, Larus, Sterna, Colymbus, Podiceps, Anas, Anser, Fuligula, Mergus. Au nombre d'une trentaine d'espèces, ils sont tous des oiseaux migrateurs qui passent, suivant la saison, d'un lac à l'autre; ils sont, comme nous le verrons, un agent très efficace des migrations passives pour les Entomostracés pélagiques.

2° Les *Poissons pélagiques* sont essentiellement les Corégones, insectivores qui se nourrissent des Entomostracés pélagiques, puis les Omble-chevaliers dont le régime est successivement insectivore et piscivore et qui, suivant leur âge, chassent les Crustacés ou les Corégones. Enfin les grands carnassiers, les Truites et les Brochets qui vont chercher et poursuivre les Corégones dans leur région pélagique.

3° Les *Entomostracés pélagiques*. J'ai constaté jusqu'à présent dans le Léman les espèces suivantes: Diaptomus Castor. Cyclops brevicaudatus. Daphnia hyalina. D. mucronata. Bosmina longispina. Sida cristallina. Bythotrephes longimanus. Leptodora hyalina. Ces Entomostracés sont remarquables par diverses particularités entr'autres:

a) par leur transparence absolue; ce fait de mimique (*mimicry*), qui leur a fait prendre la diaphanéité admirable du milieu dans lequel ils vivent, leur sert de protection contre la poursuite des poissons, leurs ennemis acharnés (1).

b) par le grand développement de l'appareil de natation, et la suppression des organes de fixation; ils sont en effet des nageurs condamnés à la natation à perpétuité, sans trève ni repos.

b) par leur mœurs crépusculaires qui les font émigrer pendant le jour dans les couches moyennes du lac par 5, 10, 20 ou 50 m. de profondeur (2), à la limite de l'obscurité absolue, et ne les laissent remonter à la surface que par les nuits calmes et non-éclairées. (Le texte de la note (2) suivra à la page 89 sous chiffre (1).)

(1) Les substances volatiles, qui donnent aux tissus du poisson leur odeur caractéristique, sont déjà élaborées par les animaux pélagiques qui servent essentiellement à leur alimentation. Un filet de Müller, promené dans le lac et rempli de sa riche capture d'Entomostracés, offre d'une manière saisissante l'odeur de poisson.

4° *Les Rotateurs pélagiques.* Un seul naturaliste s'est occupé de ce groupe; dans un travail récent, le Dr. Imhof de Zurich (CXLIX) annonce avoir pêché à la surface du Léman: Asplanchna helvetica Imh. Conochilus volvox Ehr. Anurea longispina Kell. A. cochlearis Gosse.

5° *Les protistes pélagiques.* Jusqu'à présent nous avons trop négligé dans le Léman l'étude de ce groupe d'êtres. Nous ne les connaissons que dans trois conditions.

a) J'ai reconnu l'existence constante d'une espèce d'Infusoire, la Vorticella convallaria qui vit fixée sur l'Algue pélagique, Anabaena circinalis. Tandis que chacun des flocons de l'Anabaena porte constamment des dixaines et des centaines de Vorticelles, cet infusoire ne se fixe jamais sur le Pleurococcus angulosus, autre Algue pélagique, vivant cependant exactement dans les mêmes conditions que l'Anabaena [2].

b) Nous avons signalé, d'après Schnetzler, au milieu des amas de pollen de conifères désignés sous le nom de fleur du lac, un riche développement de protistes.

c) Le professor Brun a trouvé dans la région pélagique de Genève un Ceratium [3] voisin du C. hirundinella (IV) probablement une espèce nouvelle d'après l'opinion de Maggi de Pavie (IV) [4]. M. Blanc a pêché en 1884 près d'Ouchy le Dinobryon (sertularia). M. Imhof a trouvé près de Chillon en 1883 et 1884: Salpingoeca convallaria Stein. Dinobryon divergens Imh. D. cylindrum Imh. Ceratium hirundinella Müller. Peridinium tabulatum C. et L. (CXLIX)

---

[1] La profondeur à laquelle les Entomostracés pélagiques descendent pendant le jour a fait l'objet de déterminations assez divergentes. A. Weismann nous dit à ce sujet (LXIV): „ Dans la règle on les trouve réunis entre 10 et 20 m. de profondeur, et au-dessous de 25 m. je n'ai jamais trouvé un seul de ces animaux ". P. Pavesi au contraire les a pêchés à des profondeurs beaucoup plus grandes (LXI. LXII), à 30 m. dans le Viverone, à 50 m. dans les lacs d'Orta, d'Idro, de Garde, dans le Ritom, à 100 m. dans les lacs d'Iseo (5 espèces), de Côme (8 espèces), de Lugano (9 espèces). Quant à moi j'ai constaté à l'aide d'appareils à soupapes (pompe, bouteille à eau) l'existence d'Entomostracés pélagiques à 100 m. et même 150 m. dans le Léman ; mais, pour être correct, je dois ajouter que ces appareils étaient traversés par le courant d'eau pendant toute l'opération de la descente; il serait fort possible que les quelques Diaptomus que j'ai capturés ainsi provinssent des couches supérieures du lac. Les grandes troupes d'Entomostracés pélagiques se rencontrent pendant le jour entre 10 et 25 m. de profondeur. Dans un travail récent sur ce sujet (CXLIII) Asper en promenant dans le lac de Zurich une chaîne de filets superposés a trouvé la répartition suivante: Au mois d'août pendant le jour la plupart des animaux pélagiques se tenaient à environ 20 m. de profondeur; les Leptodora et Bythotrephes cependant préfèrent la couche de 5 à 6 m. de profondeur. Pendant la nuit tous les animaux remontent à la surface. Au mois de septembre la faune pélagique est répartie d'une manière assez uniforme dans la couche de 2 à 40 m. de profondeur.

[2] Des faits analogues ont été récemment constatés par Imhof dans les lacs de Zoug et du Bourget (LI).

[3] Le prof. H. Blanc de Lausanne a constaté au printemps 1884 la présence fréquente du Ceratium hirundinella dans la région pélagique devant Ouchy, plus un Dinobryon, peut-être le D. sertularia. Il a montré dans une étude fort intéressante sur les Ceratium (CXLII) que le C. reticulatum de Imhof n'était qu'une des formes de cette espèce très-polymorphe.

[4] Voir la note [2] à la page 86.

6° Enfin quelques animaux égarés loin du littoral se trouvent accidentellement dans la région pélagique ; c'est ainsi que j'ai pêché à la surface du Léman, loin des côtes, deux exemplaires de Piscicola geometra, une larve d'Ephemera, etc. Ces animaux, entraînés par les courants dans une région aux conditions de laquelle ils ne sont pas adaptés, n'appartiennent pas à la faune pélagique, pas plus que les papillons, les hannetons ou les sauterelles qui y sont emportés par les vents.

— Les recherches d'autres naturalistes dans d'autres lacs de la région Subalpine nous permettent d'ajouter, aux faits constatés dans le Léman, les faits généraux suivants : Les travaux de Maggi (XLVI) et Cattaneo (XLVII) dans les lacs italiens ont prouvé que les protistes pélagiques sont nombreux en espèces et qu'ils font partie intégrante de la faune du lac [1].

Imhof a étudié en 1883 la faune pélagique des lacs Subalpins ; il s'est attaché surtout à la recherche des Protozoaires et des Rotateurs qui avaient été trop négligés par ses prédécesseurs et dans la séance du 8 août de la société helvétique de sciences naturelles (LII) il a pu nous donner une liste de 2 Flagellés, 2 Cilioflagellés, 2 Infusoires vorticelliens fixés sur les Entomostracés, et 6 Rotateurs ; au total 12 espèces, dont 7 nouvelles et nommées par lui (LIII) [2]. On en trouvera les noms dans la liste générale de la faune pélagique à la fin de ce paragraphe. Imhof a donné la description de quatre de ses espèces nouvelles, dans un mémoire récent (LIV) ; il y figure en particulier sa belle Asplanchna helvetica, Rotateur pélagique aussi transparent que la Leptodora. Il l'a trouvée dans les lacs de Zurich, Zoug, IV-Cantons, Greifensée, Katzensée, Annecy et le Bourget.

Il est encore un animal qui présente tous les caractères des animaux pélagiques et qui a été trouvé dans plusieurs lacs. Ce sont les larves d'une Corethra dont la transparence admirable est aussi remarquable que celle des Leptodora. Asper l'a rencontrée en 1879 dans ses pêches dans les lacs de Zurich, de Zoug, d'Aegeri, de Pfäffikon et de Greifensée ; mais il les attribuait à la faune profonde (LV). En 1879 aussi, Pavesi l'a pêchée dans la région pélagique du lac Revine-Lago, dans le Bellunese et en a reconnu la nature pélagique (LVI). Plus tard moi-même (LVII) et Imhof (LI) nous l'avons retrouvée dans le lac d'Annecy. Je n'hésite pas à en faire un animal pélagique avec Pavesi et Imhof (LVIII).

Un Hydrachnide, l'Atax crassipes O. F. Müller, a été trouvé par Pavesi dans la région pélagique de quatre lacs italiens (LIX). Asper l'a rencontré dans le lac de Zurich (LV). Moi-même je l'ai pêché dans la région littorale du Léman. Sa transparence relative et ses facultés natatoires rendent possible son habitat dans la région pélagique ; mais sa

---

[1] Voir ce que j'en ai dit au sujet de la faune littorale, page 84.

[2] Depuis lors Imhof a encore découvert deux nouveaux Dinobryon, membres de la faune pélagique (CXLIV).

fréquence dans les étangs et marais de toute l'Europe empêche d'en faire un animal essentiellement pélagique.

— Ce qu'il y a de plus intéressant et de plus spécial dans la faune pélagique c'est le groupe des Entomostracés (1); ils en forment le trait essentiel. En effet les Poissons ne pourraient vivre dans la région pélagique s'ils n'y trouvaient les Entomostracés qui leur fournissent de la nourriture; aussi les suivent-ils dans leur migrations diurnes. Les oiseaux n'y sont que des hôtes accidentels et de passage (2). Les Entomostracés forment donc la partie essentielle et caractéristique de la faune pélagique.

Ils ont été fort bien étudiés dans nos lacs de la région Subalpine. P. E. Müller a exploré à leur recherche les lacs de Constance, de Zurich, de Thoune, le Léman, le lac de St-Moritz (I). P. Pavesi a étudié avec grande attention une trentaine de lacs italiens (LIX, LX, LXI, LXII). G. Asper donne quelques notes sur les Entomostracés pélagiques, qu'il a pêchés dans les lacs de Zurich, de Lugano, de Côme, lac Majeur, Klönsée et Silsersée (XXXVII. LV). A. Lutz a joint à ses recherches sur les Cladocères des environs de Berne quelques études sur la faune pélagique du lac de Bienne (LXV). Je viens de parler des nouvelles recherches d'Imhof. A. Weismann nous a fait connaître le monde des Entomostracés du lac de Constance (LXIII. LXIV).

Il serait donc facile en utilisant ces précieuses observations, d'établir le tableau de la faune pélagique de chacun des lacs ainsi explorés. Mais deux considérations m'arrêtent dans cette manière de faire :

a) Weismann nous a appris que les diverses espèces de Cladocères présentent une périodicité annuelle (CXLV); que pendant certaines saisons elles disparaissent plus ou moins complétement des eaux où elles habitent normalement, et ne s'y retrouvent qu'à l'état d'œufs d'hiver (*Dauereier*); que cette époque de réduction de la population est différente pour chacune des espèces, ayant lieu pour les unes en été, pour les autres en hiver, au printemps, en automne. D'après cela le tableau de la population pélagique d'un lac doit, pour être complet, être dressé d'après de nombreux pêches, faites en diverses saisons; quelques pêches isolées ne suffisent pas à démontrer l'absence d'espèces qui n'auraient pas été capturées.

b) Il résulte de toutes les observations faites sur les Entomostracés pélagiques que la même faune est répandue fort uniformément dans tous les lacs d'eau douce de l'Europe. Les mêmes espèces se rencontrent dans les lacs de plaine et dans ceux de montagnes, dans les lacs Scandinaves, dans ceux du Caucase, dans ceux de l'Italie ou de la Suisse.

(1) Ajoutons, depuis les découvertes d'Imhof, les Rotateurs qui semblent avoir les mêmes caractères que les Entomostracés. En décrivant son Asplanchna helvetica, Imhof nous dit, qu'elle est aussi transparente que la Leptodora hyalina, et qu'elle a entièrement les caractères des animaux pélagiques (LIV).

(2) Quant aux Protistes je les ai trop peu étudiés pour oser me prononcer sur leur compte.

Ce fait déjà indiqué par P. E. Müller (I), qui pouvait comparer utilement les lacs de Suisse avec ceux du Danemark ou de la Scandinavie, a été constaté depuis lors par tous ceux qui se sont occupés de la question. Une répartition aussi étendue des mêmes espèces ne peut s'expliquer que par des rapports fréquents entre les eaux habitées ainsi par la même population. Or ces rapports ne peuvent avoir lieu par migration active; le passage d'un lac à l'autre par les canaux de communication ou par les fleuves n'est pas admissible pour des espèces adaptées à la vie pélagique, et ayant en général des allures lentes et paresseuses. Au contraire, la migration passive, à l'état d'œufs d'hiver, attachés aux plumes des oiseaux de passage, explique parfaitement le transport d'un lac à l'autre. Tous les faits à moi connus du peuplement des eaux temporaires, ou des lacs de date récente, de la présence simultanée de certaines espèces dans des lacs très éloignés ou de l'absence de certaines espèces dans un lac voisin de celui qui les possède, etc., tous ces faits s'expliquent fort bien si l'on admet qu'il y a une faune pélagique commune à tous les lacs d'eau douce, dont les individus et les espèces sont transportés accidentellement à l'état d'œufs d'hiver, fixés aux plumes des oiseaux migrateurs, et vont peupler successivement les différentes eaux où stationnent ces oiseaux. Suivant que les conditions de milieu sont plus ou moins favorables à l'espèce, elle se développe plus ou moins abondamment, elle s'y fixe temporairement ou définitivement, ou ne s'y établit pas.

Si cela est, je n'ai pas à indiquer une faune pélagique spéciale pour chacun des lacs de notre région; je n'ai qu'à donner la liste des espèces dont se compose la faune pélagique générale. Toutes ces espèces peuvent être transportées dans tous les lacs; si une ou l'autre espèce ne trouve pas dans un lac des conditions favorables, elle ne s'y développe pas; mais pour affirmer son absence définitive de ce lac, il faudrait des recherches bien plus suivies que celles jusqu'à présent faites.

Les Entomostracés pélagiques ne sont pas nombreux en espèces, en revanche le nombre des individus est énorme; quand notre filet traverse un de leurs essaims, c'est par centaines, c'est par milliers que nous les capturons; ils représentent un développement considérable de la vie animale.

De quoi se nourrissent-ils, d'où tirent-ils les matériaux qu'ils assimilent. Quelques-uns d'entr'eux sont carnassiers et font leur proie soit des autres Entomostracés plus faibles, soit des Rotateurs et Protozoaires pélagiques. Quant aux phytophages qui ont pour mission d'assimiler la nourriture végétale, ils mangent soit les Algues pélagiques que nous avons citées, Pleurococcus, Anabaena, les Diatomées, soit enfin ces Protomonères invisibles, les Aphanères, que Maggi est arrivé à rendre apparents par les procédés les plus délicats de la technique microscopique (LXVI). Protistes, Algues et animaux assimilent ainsi les matériaux contenus dans les eaux pélagiques du lac; ces matériaux une fois organisés sont utilisés plus tard par la faune profonde.

Le corps des Entomostracés pélagiques a une densité légèrement supérieure à celle de l'eau; aussi les cadavres tombent-ils sur le fond du lac, où nous allons bientôt les retrouver.

En 1876 j'avais fait une distinction entre les espèces propres à la région pélagique et celles qui s'y trouvent accidentellement (larves d'Ephémérides Piscicola geometra). Pavesi dans son dernier travail (LXII) a perfectionné cette division, et il distingue entre:

Espèces eupélagiques, comprenant les formes qui ne se trouvent que dans le milieu des lacs.

Espèces tycopélagiques, celles qui habitent également la région littorale et la région pélagique.

Pavesi ne considère comme eupélagiques que les formes suivantes: Daphnia hyalina. D. cristata. D. galeata. D. Kahlbergensis. Bosmina longispina. Bythotrephes longimanus. Leptodora hyalina. Diaptomus castor et D. gracilis.

Voici la liste des espèces animales qui composent la faune pélagique des lacs de la région Subalpine; les Crustacés sont donnés d'après le dernier travail de P. Pavesi (LXII), les Rotateurs et Protozoaires d'après les recherches d'Imhof (LIII. CXLIV).

Faune pélagique des lacs Subalpins.

Oiseaux appartenant aux genres Larus, Sterna, Colymbus, Podiceps, Anas, Fuligula, Mergus etc.

Poissons. Les espèces du genre Coregonus et Salmo umbla, et les carnassiers qui les poursuivent, Truites, Brochets etc.

Insectes. Larves de Corethra.

Arachnides. Atax crassipes O. F. Müller.

Crustacés. *Cladocères.* Sida cristallina O. F. M. Daphnella brachyura Liev. Simocephalus vetulus O. F. M. Daphnia pulex L. D. magna Strauss. D. longispina O. F. M. D. hyalina Leyd. D. cristata G. O. Sars. D. galeata G. O. S. D. Kahlbergensis Schœdl. Ceriodaphnia quadrangula O. F. M. Bosmina longirostris O. F. M. B. longispina Leyd. B. longicornis Schœdl. Pleuroxus trigonellus O. F. M. Alona quadrangularis O. F. M. Bythotrephes longimanus Leyd. Leptodora hyalina Lilljeb.

Ostracodes. Cypris ovum Jur. C. fuscata Jur.

Copépodes. Diaptomus castor Jur. D. gracilis G. O. S. Heterocope robusta G. O. S. Cyclops signatus Koch. C. serrulatus Fischer. C. tenuicornis Cl. C. gigax Cl. C. brevicornis Cl. C. minutus Cl.

Rotateurs. Conochilus volvox Ehrbg. Asplanchna helvetica Imhof. Anurea longispina Imh. A. spinosa Imh. A. cochlearis Gosse. Triarthra... Polyarthra...

Infusoires. Epistylis lacustris Imh. Acineta elegans Imhof. Vorticella convallaria.

Flagellés. Dinobryon sertularia Ehrbg. D. divergens Imh. D. cylindricum Imh. D. calyculatum Imh. D. petiolatum Duj.

Cilioflagellés. Peridinium tuberculatum Ehrb. Ceratium hirundinella O. F. Müller. (C. reticulatum Imh.)

Chapitre IV. Faune profonde.

§ I. Généralités.

L'existence d'une faune habitant les grandes profondeurs de nos lacs n'a pas été devinée; les naturalistes ne l'ont pas pressentie, c'est le hazard seul qui nous l'a révélée. Nous étions à cet égard aussi aveugles que les zoologistes qui discutaient sur les faunes de l'océan ; malgré les faits isolés qui auraient dû faire soupçonner dès longtemps la faune profonde de la mer, on supposait les abîmes de l'océan déserts et inhabités (LXXV). Nous n'étions pas plus avancés au sujet de nos lacs d'eau douce ; nous nous représentions la vie cantonnée dans les régions superficielles des eaux ; le fond du lac, obscur et glacé, nous semblait impropre à toute espèce de vie.

Le hazard est venu à notre aide. Le 2 avril 1869 je cherchais à prendre des empreintes du sol du lac devant Morges, par 40 m. de profondeur, pour y découvrir l'indice des rides du fond (Ripplemarks), si elles existaient sur le plancher du lac (V) ; la plaque de tôle ensuiffée, que je faisais descendre sur le sol pour y relever mes empreintes, ramassa quelque peu de limon; je le mis de côté pour l'étudier. J'allais placer sous le microscope quelques parcelles de cette argile marneuse, lorsque j'aperçus un petit Nématode blanc, vivant, s'agitant dans le limon. Ce pauvre ver, une larve de Mermis aquatilis, fut pour moi une révélation. Si un être vivant existait dans ce limon, d'autres pouvaient y vivre ; si le limon était habité jusqu'à 40 m. de profondeur, c'est-à-dire dans une région déjà obscure, froide, loin de toute végétation littorale, il pouvait l'être jusqu'à des profondeurs plus grandes. La région profonde devait être habitée.

Dès le lendemain j'avais construit une drague, et je constatais l'existence d'animaux nombreux et variés habitant les talus et le plancher du lac jusqu'à de très grandes profondeurs.

J'ai résumé mes premières recherches sur ce sujet dans mon « Introduction à l'étude de la faune profonde du lac Léman » (LXXVI). Pendant plusieurs années j'ai consacré tous mes efforts à l'étude, soit des animaux de la région profonde, soit des conditions de milieu où ils vivent. Mais j'ai bientôt reconnu que mes forces ne suffisaient pas à cette tâche : trop de faits et des faits trop divers demandaient à être élucidés, et chacun d'eux exigeait des études spéciales et une longue préparation. Je me suis décidé à faire appel au concours des naturalistes, mes collègues et mes amis, et j'ai obtenu leur précieuse collaboration, qui m'a permis non pas de mener à bout ce travail (car quel est le chapitre, et surtout le chapitre de cette importance dans l'histoire naturelle qui puisse être épuisé en une génération), mais d'en esquisser du moins les grands traits. J'ai remis à mes collaborateurs les matériaux que je collectais dans le lac, et j'ai reçu d'eux des études que j'ai réunies sous le nom de « Matériaux pour servir à l'étude de la faune profonde du Léman. » J'en ai publié six séries dans les Bulletins de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles, de 1874 à 1879 (LXXVII).

Outre ces études de détail, donc chaque paragraphe traite un côté spécial de la question, j'ai essayé d'en présenter des résumés généraux dans les avant-propos des séries I, II, IV et VI de ces Matériaux ; dans deux discours prononcés devant la Société helvétique des Sciences Naturelles, dans les sessions de Schaffhouse 1873 (LXXVIII) et de Coire 1874 (LXXIX) ; dans un discours prononcé devant la Section de Zoologie de l'assemblée des naturalistes et médecins allemands le 19 septembre 1877 à Munich (LXXX), discours que j'ai résumé dans un mémoire publié dans le volume du Jubilé de Siebold du Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie (LXXXI) ; enfin dans un discours prononcé devant la section de Zoologie de la Société française pour l'avancement des Sciences, le 29 août 1879 à Montpellier (LXXXII).

Dans le lac Léman, outre les nombreux draguages que j'ai faits pour mon compte, et ceux pendant lesquels j'ai eu l'avantage de jouir de la présence de naturalistes étrangers : MM. G. du Plessis, E. Bugnion, H. Vernet, A. Humbert, H. Lebert, G. Asper, E. Grube, Spangenberg, A. Lutz, Selenka, H. Blanc, j'ai à citer quelques draguages faits devant Ouchy par MM. G. du Plessis, Kursteiner et H. Blanc.

Dans d'autres lacs voici les recherches zoologiques qui sont à ma connaissance :

En 1873 j'ai fait une série de draguages dans les lacs de Zurich, de Neuchâtel, de Constance et de Zell (Constance inférieur) *(Mat. XXII)*. Dans l'été de 1874, je fis avec mon collègue M. G. du Plessis une expédition au lac de Joux, où nous étudiâmes la faune profonde de ce petit lac jurassique.

En 1874, Ph. de Rougemont a fait quelques draguages dans le lac de Neuchâtel (LXXXIII) à la recherche du Gammarus aveugle que j'y avais découvert l'année précédente *(Mat. XXII)*. En 1876 je fis quelques draguages dans le lac de Walenstadt.

En 1879 le Dr. G. Asper a entrepris une série de recherches dans les divers lacs suisses pour l'étude des faunes profondes et pélagiques ; il a fait ses draguages dans les

lacs de Zurich, Walenstadt, Pfäffikon, Greifensée, Aegeri, Zoug, IV-Cantons, Majeur, Lugano, Côme, Klönthal, Silz et Silvaplana. Je trouverai dans les études d'Asper, que j'aurai à citer à chaque page, une foule de notes de la plus grande importance pour notre sujet (XXXI. XXXVII. LV).

En 1883 j'ai fait une série de draguages dans les lacs de Zurich, IV-Cantons, Bourget, Annecy (LVII. LVIII) Neuchâtel et Bienne.

En 1883 le Dr. O. E. Imhof de Zurich, à l'occasion de ses études sur la faune pélagique, a fait quelques draguages profonds dans les lacs du Bourget et d'Annecy (LI), et dans le Léman (CXLIX).

§ II. Appareils de draguage.

Dans des bassins aussi peu profonds que nos lacs Subalpins, qui sont le plus souvent calmes, ou ridés à peine par les brises locales, il n'est point besoin d'avoir recours, pour les draguages, aux appareils compliqués, encombrants et dispendieux, nécessaires dans les grands profondeurs de l'Océan ; les animaux que nous avons à pêcher étant tous de très petite taille, il n'y a aucune nécessité à ce que les dragues soient grandes ; il y a au contraire avantage à ce que leurs dimensions soient très réduites, de manière à ce que leur maniement soit possible dans les petits bateaux, qui, le plus souvent, sur nos lacs, sont seuls à la disposition du naturaliste.

Les appareils, dont je me suis servi *(Mat. IV, XXVI)*, sont aussi simples que possible ; ils suffisent du reste parfaitement à toutes les nécessités des sondages zoologiques qui ne dépassent 300 ou 400 m. de fond.

1° *Drague métallique (Mat. IV).* Ma drague consiste en un bidon de zinc, de section ovalaire, de un à deux litres de capacité (Fig. 5), le bord supérieur doit être tranchant, un peu renversé en dehors ; l'anse, en gros fil de fer, porte une boucle à laquelle on noue la cordelette d'attache. Cette cordelette, de 2 à 4 m. de long, relie au plomb de sonde la drague, et la tire en la couchant sur le limon, lorsque le plomb est traîné sur le fond du lac. Cela se fait par une manœuvre très simple du bateau, qu'on fait avancer lorsque le fil de sonde est assez déroulé pour prendre une inclinaison convenable, environ 45° ; quelques coups de rame suffisent en général pour remplir la drague ; on peut aider à l'opération en tirant rapidement et avec quelques secousses sur le fil de sonde.

Fig. 5.

2° *Drague à filet (Mat. XXVI).* Je prends un râteau de fer, le râteau des jardiniers (Fig. 6), de 20 c/m. de largeur, à 7 dents de 6 c/m. de longueur ; j'y fixe un cercle de fer portant un filet de mousseline, suivant un plan vertical, perpendiculairement au manche, au-dessus et à l'op-

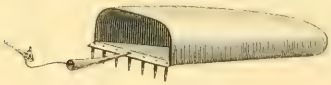


Fig. 6.

posite des dents. Ce râteau doit être traîné sur le sol; mais suivant la consistance du limon, il faut pouvoir faire mordre plus ou moins les dents de fer, et pour cela les incliner plus ou moins sur le plan général de l'appareil; j'arrive à ce résultat en remplaçant le manche de bois du râteau par une tige en gros fil de fer de 25 c/m. de longueur, qui peut prendre une inclinaison convenable, et à laquelle j'attache la cordelette de la sonde. Je traîne cette drague sur le fond du lac et je la retire bientôt, pleine d'une poussière légère d'organismes vivants et morts.

Le maniement de cette drague à filet est un peu plus difficile que celui de la drague métallique; le poids plus lourd des dents du râteau maintient parfaitement l'appareil dans une position verticale pendant la descente; mais pendant cette descente il faut avoir soin de faire avancer doucement le bateau afin que le filet s'étale bien, sans s'accrocher aux dents ou au manche du râteau, ou à la corde d'attache.

La drague métallique prend des échantillons du limon avec les organismes qui s'y trouvent cachés. La drague à filet, beaucoup plus légère, n'entre pas dans le limon; elle glisse à la surface et ramasse seulement les animaux nageurs et les poussières vivantes et mortes, qui sont soulevés par les frottements sur le sol du plomb de sonde, de la corde et du manche du râteau. On y trouve cependant le plus souvent quelques Pisidies, quelques Chétopodes, des Nématoïdes même, qui vivent enfouis dans la vase.

Suivant la recherche que l'on voudra faire, il y aura lieu d'employer l'un ou l'autre des appareils. La drague à filet donne des résultats plus brillants, un plus grand nombre d'animaux vivants; la drague métallique laisse échapper quelques animaux nageurs, mais donne généralement un aperçu plus complet sur la population de la région profonde. Les deux appareils doivent être employés concurremment pour une étude entière du sujet.

L'une ou l'autre de ces deux dragues est attachée par une cordelette de 2 à 5 m. de long au plomb de sonde, lequel sera traîné sur le sol pendant l'opération du draguage.

Le plomb de sonde doit être assez lourd, d'autant plus lourd que le fil de sonde est plus épais, d'autant plus lourd que la profondeur à draguer est plus grande. Je me sers de poids variant, suivant les circonstances, de 2 à 8 kilogrammes.

Le fil de sonde est d'autant meilleur qu'il est plus mince.

Le plus agréable à manœuvrer est certainement un fil de laiton recuit, de un millimètre environ de diamètre; il est assez résistant pour toutes les opérations des draguages dans nos lacs; les frottements dans l'eau sont réduits au minimum, et le travail, soit du draguage soit de la remontée de la sonde est extrêmement facilité. Mais ce fil, comme tout fil métallique, a le grand inconvénient de faire boucle s'il n'est pas convenablement tendu, et, si l'on tire sur une telle boucle, le fil se casse net. Il faut donc user de précautions attentives pour éviter cet accident, et il serait imprudent de confier à une sonde en fil de laiton des instruments de grand prix.

Je n'ai pas essayé jusqu'à présent le fil d'acier de Sir William Thomson; il aurait, sur le fil de laiton, l'avantage d'une plus grande ténacité; il aurait en revanche l'incon-

vénient d'être facilement oxydable et de nécessiter des précautions spéciales; il faudrait ou bien le sécher après usage, ou bien le graisser attentivement.

Le fil le plus commode, en ce qu'il est le moins délicat et demande le moins d'attentions, est une corde fine en chanvre ou en lin, bien tordue, et bien goudronnée. Celle que j'emploie pour mes draguages ordinaires est une corde de 200 m. de long (1), de 4 m/m. de diamètre ; elle est composée de 3 torons, de deux fils chacun.

Je n'ai pas à décrire ici le treuil sur lequel s'enroule la corde ; il peut être simplifié ou compliqué, au gré de celui qui doit s'en servir.

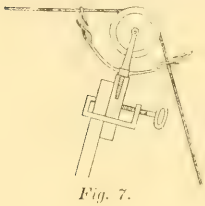


Fig. 7.

Les petits bateaux de nos lacs n'ont pas tous un mat, convenablement placé pour y suspendre la poulie, sur laquelle doit couler le fil de sonde. Il est donc prudent d'avoir une poulie toute prête. J'emploie une poulie de métal (Fig. 7), vissée sur une barre de bois que je fixe aux côtés du bateau, à l'aide d'une ou deux presses à vis. La corde est guidée sur la gorge de la poulie par deux boucles ovales, qui offrent chacune une fente en biseau par laquelle je puis faire entrer ou sortir la corde (2).

§ III. Triage du matériel.

Le produit de la drague à filet est en général propre ; il a été lavé à grande eau par le courant qui traverse la mousseline dans le trajet en retour de la drague, et les poussières organiques que le filet renferme peuvent être immédiatement utilisées.

Il n'en est pas de même du limon que ramène la drague métallique. Il y a lieu de séparer les organismes de l'argile qui les entoure. Pour cela j'emploie deux méthodes qui l'une et l'autre me donnent de bons résultats, et dont je recommanderai également l'emploi, si l'on veut prendre une connaissance entière du sujet *(Mat. V)*.

Dans la première méthode, la plus lente mais aussi la plus sûre, je laisse reposer le limon dans de grandes terrines plates, sous une couche peu épaisse d'eau, et je vais chaque

(1) Quand j'ai à faire des draguages ou des sondages dans des lacs plus profonds, j'y ajoute, cela va sans dire, une longueur de fil convenable.

(2) Le prof. H. Blanc de Lausanne a appliqué en février 1884, devant Ouchy, une nouvelle méthode d'exploration du fond du lac. Il descend au fond de l'eau un cadre de bois auquel il suspend quelques plaques de verre, lesquelles s'étalent à la surface du limon ; il fixe l'appareil par un ancrage convenable, et le marquant d'une bouée il le laisse reposer quelques jours dans le lac. Les Protozoaires qui rampent dans le limon se posent sur les plaques de verre, qui peuvent être placées directement sous le microscope. Grâce à cette méthode, qui promet d'être très fructueuse, Blanc a découvert déjà plusieurs Protozoaires, comme nous verrons plus loin.

jour pêcher les animaux qui sortent les uns après les autres du limon. Si la température n'est pas trop élevée, cette pêche peut se prolonger fructueuse pendant huit ou dix jours. Les animaux vivants et mobiles se dégagent les uns après les autres du limon et viennent librement nager dans l'eau, Hydrachnides, Crustacés, Turbellariés; ou ramper à la surface de l'argile, Gastéropodes, Hydres, Frédericelles; quelques-uns enfin, habitant les profondeurs du limon, n'en sortent que lorsqu'ils souffrent et vont mourir, Chétopodes, Nématoïdes, larves de Diptères. Lorsque dans ces bassins la pêche n'est plus productive, je fais écouler l'eau et je laisse sécher lentement la surface du limon; je capture alors les Pisidiums et les Ostracodes, en les allant chercher à l'extrémité des méandres qui signalent leur marche, sur la surface encore molle de l'argile. Enfin je laisse sécher le limon jusqu'à ce qu'il ait la consistance du beurre ou du fromage, et en le râclant délicatement avec la lame renversée d'un couteau, j'y trouve les vers enfouis dans la masse; je recueille ainsi les larves de Diptères, les Chétopodes et les Nématoïdes.

Cette méthode est lente et peu productive; tous les animaux qui ont été froissés pendant le draguage, ou qui sont enterrés trop profondément dans le limon, ne peuvent sortir, et sont perdus pour la recherche. Mais elle donne de bons aperçus sur l'habitat et les mœurs des animaux.

La deuxième méthode, le tamisage, est plus expéditive et plus fructueuse; elle donne rapidement une grande abondance d'animaux vivants ou morts; elle fait connaître en même temps les débris organiques que le limon renferme. Mais elle est plus confuse et ne sépare pas les animaux suivant leur habitat. Le triage se fait à l'aide de tamis de toile de laiton, montée sur des cercles cylindriques ou coniques en zinc; le modèle que je préfère a la forme d'un cône tronqué dont la base inférieure, la plus large, est fermée par la toile métallique, et dont la face supérieure est ouverte (Fig. 8). Grâce à cette forme, dans les mouvements du tamisage, le contenu du tamis est rejeté en dedans, et ne se perd pas comme cela arrive trop souvent dans les tamis cylindriques ou évasés en dehors. La toile de mes tamis compte de 10 à 20 fils au centimètre.

Fig. 8.

Le tamisage doit toujours se faire sous l'eau, c'est-à-dire que le tamis doit plonger dans l'eau par la face inférieure de sa toile métallique. C'est une condition essentielle de la réussite de l'opération et généralement de toutes les manœuvres qui se font sur le produit des draguages; si on la néglige, les animaux mous sont froissés et comprimés contre les fils de la toile et sont réduits en bouillie.

Si l'on veut obtenir facilement, rapidement et complétement, le matériel utilisable d'un draguage, on procédera comme suit: On versera tout le produit de la drague dans une terrine, et on le lavera plusieurs fois à grande eau. Cette eau de lavage entraînera la partie la plus molle de la couche superficielle de l'argile, la plus riche en organismes, et le tamisage fournira une abondante récolte. Quant à l'argile plus dense des couches profondes, elle devra être délayés dans l'eau, de préférence à l'aide d'un jet d'eau, avant d'être soumise au tamisage.

Asper a indiqué une très jolie variante de la méthode du tamisage (xxxi). Au lieu de tamis métalliques, il se sert d'un sac de toile à tamis en soie; il y verse le limon et l'agite dans l'eau. Le sac d'Asper est beaucoup moins encombrant que les tamis métalliques, et ce procédé doit être recommandé en voyage. Pour le naturaliste stationnaire, je préférerais cependant encore l'ancien tamis métallique.

En résumé : Si l'on veut séparer les divers groupes de la faune profonde d'après leur habitat, que l'on étudie le limon produit de la drague métallique en le laissant reposer dans les terrines.

Si l'on veut collecter les animaux nageurs, marcheurs, vivant à la surface ou au-dessus du limon, que l'on emploie la drague à filet d'une part, et d'autre part que l'on tamise la première eau de lavage du limon récolté par la drague métallique

Si l'on veut les animaux vivants dans le limon, que l'on tamise à fond le limon de la drague métallique.

Si l'on veut les débris organiques, les végétaux, le feutre organique, que l'on emploie les tamis.

Pour une étude complète de la faune profonde, il y a lieu de combiner ces différentes méthodes.

— Par ces divers procédés l'on sépare du limon les organismes vivants et morts qui peuvent se classer en quatre groupes :

1° Le feutre organique.

2° Les Algues de la flore profonde.

3° Les animaux de la faune profonde.

4° Les débris organiques et corps étrangers.

Je les étudierai successivement.

§ IV. Feutre organique.

Dès le début de mes recherches j'ai constaté l'existence, à la surface du limon du fond du lac, d'une couche spéciale à laquelle j'ai donné le nom de *feutre organique* (*Mat. XIX*). Si je laisse reposer dans une terrine, pendant quelques jours, du limon du lac sous une couche suffisante d'eau, je vois la surface du limon changer sa couleur primitive, celle de l'argile gris-jaunâtre ou bleuâtre, et prendre une teinte brun-chocolat. Cette coloration apparaît d'abord dans les dépressions et creux, bientôt elle devient générale. Alors tout le limon de la terrine est recouvert d'une couche d'un aspect tout particulier, d'apparence veloutée, aux contours superficiels mous et arrondis, parfois soulevée et détachée du limon par une bulle de gaz qui se développe sous elle, parfois percée d'un trou circulaire, là où une bulle de gaz s'est dégagée. Cette couche s'enlève en écailles de un à deux millimètres d'épaisseur, qui se séparent aisément du limon sous-jacent; elle se laisse facilement

déchirer; elle est plus lourde que l'eau, et ses écailles soulevées par la pincette ou par une bulle de gaz retombent d'elles-mêmes au fond de l'eau.

De même, si je laisse reposer les poussières organiques récoltées avec la drague à filet, elles s'agglutinent bientôt ensemble en une couche adhérente de feutre organique.

Cette couche est organisée et vivante; elle se développe et s'augmente. Si j'enlève quelques écailles de la couche brune qui s'est établie sur le limon d'une terrine, en quelques jours je vois la solution de continuité se rétrécir et se combler, par extension du feutre dès la périphérie au centre. Si le limon a été soumis à la congélation, le feutre organique est tué et la couche brune ne se produit plus. La lumière directe du soleil a une action spéciale sur le feutre organique; elle fait pâlir d'une manière trés évidente la couleur brune superficielle d'une terrine de limon qu'on porte subitement au grand soleil; si l'on fait développer le feutre organique dans un bocal de verre transparent, dont une partie est obscurcie par un vernis opaque, la couche organique est plus brune dans la moitié assombrie, plus pâle dans la moitié éclairée.

Ce feutre organique n'est pas simplement un produit artificiel, résultant du traitement des produits de draguage dans les terrines ou dans les bocaux; il existe dans le lac. Je le trouve fréquemment sous forme d'écailles feutrées, soit dans la première eau de lavage du limon rapporté par la drague métallique, soit dans le produit de la drague à filet.

C'est surtout en hiver et au printemps que le feutre se développe abondamment dans le lac; je le trouve en moins grande abondance et à de moins grandes profondeurs dans les draguages de l'été et de l'automne.

Je ne l'ai constaté positivement dans le lac Léman que jusqu'à la profondeur de 100 m. environ. Dans les profondeurs plus grandes, son existence est au moins douteuse.

Dans les divers draguages opérés le même jour, à peu de distance les uns des autres, je vois une grande différence au point de vue de l'abondance du feutre organique. Dans l'un, les écailles de feutre sont évidentes, nombreuses et de grandes dimensions; dès le premier jour le produit du draguage versé dans une terrine, se recouvre de la croûte adhérente, caractéristique; dans l'autre au contraire le feutre organique semble absent, et ce n'est qu'après de longs jours de repos, que l'on en voit apparaître les traces. Cette différence peut tenir sans doute en grande partie aux circonstances fortuites de l'opération; la drague est aveugle et agit en aveugle; tantôt elle se remplit du premier coup en labourant la profondeur du limon, tantôt elle traîne longtemps à la surface du sol en écorchant seulement la croûte superficielle, dont elle entasse des échantillons nombreux et divers qui se mélangent dans le récipient. Mais en admettant cette irrégularité de l'action de la drague, je n'en crois pas moins à de grandes différences locales dans l'abondance et l'épaisseur du feutre organique, qui est plus ou moins richement développé suivant les places.

Cette couche de feutre organique n'est du reste pas spéciale à la zône supérieure de la région profonde du lac; elle existe dans la région littorale et colore le sol sableux ou vaseux d'une belle teinte brunâtre, lorsqu'une série de jours calmes en a permis le déve-

loppement; elle couvre le fond des ruisseaux, des étangs, des mares et des marais de la terre ferme.

Etudié au microscope, le feutre organique révèle sa structure. Il est composé d'une masse fondamentale floconneuse, de très petites Palmellacées, en nombre immense, qui donnent à la couche son épaisseur et son aspect velouté; dans ce lit de Palmellacées, circulent un grand nombre de Diatomées très vivaces, auxquelles est due la couleur brune du feutre; les Diatomées sont mobiles et elles disparaissent dans l'épaisseur de la couche lorsqu'elles sont frappées par les rayons directs du soleil; de là les changements de couleur que nous avons notés. Dans la couche de Palmellacées se développent encore les filaments entrelacés de diverses Oscillariées, qui donnent à la couche organique cette consistance de feutre, relativement solide. Enfin l'on y trouve des Algues violettes, isolées, mais elles y sont sans relation directe avec la couche de feutre organique, et semblent y jouer le rôle de corps étrangers, comme les poussières organiques qui y sont empâtées. Nous allons retrouver tous ces éléments végétaux en étudiant la flore de la région profonde.

Cette couche de feutre organique joue un rôle important:

a) Au point de vue des gaz contenus dans l'eau qui faciliteront la respiration de la faune profonde.

b) Au point de vue de l'élaboration des substances organiques dissoutes dans l'eau, en matières organisées qui serviront à l'alimentation de la faune profonde.

c) Au point de vue de la consistance du sol sur lequel ont à marcher, ou dans lequel vivent les animaux de la faune profonde. Au lieu d'une surface vaseuse, molle et mobile, telle que serait le limon minéral du fond du lac, cette couche de feutre organique présente une surface relativement fixée, solide, résistante [1].

§ V. Flore profonde.

La flore de la région profonde des lacs est très pauvre, si j'en juge par celle du lac Léman *(Mat. XVII)*. Elle consiste uniquement en quelques Algues qui forment essentiellement la couche décrite sons le nom de feutre organique. Pour autant que je le sais, ces Algues n'existent même que dans la zône supérieure de la région jusqu'à 100 m. de fond. Au-delà je n'en connais plus avec certitude.

[1] Quand on laisse reposer, dans des bocaux, le produit des draguages avec les animaux que contient le limon, on voit se former le feutre organique et l'on peut prendre une idée de l'aspect du fond du lac. On voit la couche veloutée du feutre organique être perforée par les orifices des galeries des larves d'Insectes et des Annélides; ces galeries dont quelques-unes sont garnies d'un fourreau de soie sortent de la vase de quelques millimètres de hauteur, et sont entourées de tas de déjections terreuses, finement granulées, analogues aux déjections des vers de terre dans nos jardins. On voit en outre s'élever du sol les polypiers de Frédéricelles, sans parler des Hydres, et des coquilles mobiles de Gastéropodes.

Ces Algues sont :

Palmellacées. Pleurococcus roseo-persinicus Ktz. (Beggiatoa roseo-persinica Zopf.), masses gélatineuses, arrondies, grosses comme une tête d'épingle, agglomérées, d'un rose violacé, assez abondantes de 25 à 60 m. et plus. Ces globules sont libres à la surface du limon ou empâtés dans le feutre organique. (Déterminées par J. B. Schnetzler. *Mat. XVII.)*

Palmella hyalina Breb. Zoogloea termo Cohn. Cette petite Palmellacée forme la masse principale du feutre organique (*Mat. XIX*). Elle constitue une masse floconneuse, jaunâtre à la lumière transmise, grisâtre à la lumière réfléchie. Des granulations très petites, environ un millième d'un millimètre, sont noyées dans une masse gélatineuse, amorphe, incolore. La teinture d'iode colore en jaune la masse gélatineuse, en jaune brun les granulations ; parfois un point bleu montre l'existence de fécule dans les granulations. (Déterm. prof. J. B. Schnetzler à Lausanne.)

Saprolégniées. Saprolegnia ferax Ktz. parasite dans le corps des Hydrachnides mortes et même vivantes (observée par H. Lebert. *Mat. XL).*

Oscillariées. Oscillatoria subfusca Vauch. étend ses filaments rouge-violacés dans le feutre organique auquel elle donne sa consistance spéciale (*Mat. XVII)* déterminée par J. B. Schnetzler.) Oscillatoria versatilis Ktz. Beggiatoa arachnoïdea Rab. dont les filaments blanchâtres abondent dans le feutre organique (déterm. par J. B. Schnetzler).

Diatomées. Ces petites Algues forment le groupe le plus abondant; elles vivent en grand nombre dans le feutre organique, auquel elles donnent sa couleur brune. M. le pasteur J. Kübler de Neftenbach les a étudiées en 1873, d'après des échantillons dragués dans le Léman à 50 m. de fond *(Mat. XVIII).* Voici la liste des espèces qu'il a reconnues ; j'indique par un ou deux astérisques les espèces fréquentes ou très fréquentes.

Epithemia saxonica Ktz.
** Amphora ovalis Ktz.
* Cymbella helvetica W. Sm.
* C. obtusiuscula Ktz.
** Achnantidium microcephalum W. Sm.
** Navicula amphirhynchus Ehr.
** N. gracilis Ehr.
* N. viridula Ehr.
** N. viridis Ktz.
N. major Rab.
Navicula attenuata.
* Denticula undulata Ktz.
* Surirella solea Breb.
S. bifrons Ehr.
* Odontidium hiemale Lyngb.
Diatoma vulgare Bory.
Fragilaria virescens Ralfs.
** Synedra sigmoïdea Ehr.
** S. tenuis W. Sm.
** Cyclotella operculata Ag.
** C. helvetica J. Kübler [1].

[1] Brun considère cette espèce comme synonyme de Surirella norica Ktz. (XLII)

De ces 21 espèces une seule est nouvelle, la Cyclotella helvetica ; elle est décrite dans le § XVIII de nos Matériaux.

Si nous comparons cette liste avec celle que nous avons donnée pour la flore littorale, d'après J. Brun, nous ne trouvons que quatre espèces communes aux deux listes, à savoir : Cymbella helvetica, Diatoma vulgare, Synedra tenuis et Cyclotella operculata; toutes les autres, d'après M. Brun, existent accidentellement dans le lac, mais ne sont pas assez fréquentes pour caractériser la flore lacustre. Et cependant elles sont assez nombreuses dans la région profonde, pour avoir été constatées dans les quelques échantillons que j'ai envoyés à Kübler.

Je trouve encore indiquées dans l'ouvrage de J. Brun (XLII), comme appartenant à la région profonde du Léman Navicula humerosa Breb. et Surirella gracilis Grün.

Dans l'argile de mes draguages profonds, devant Morges, M. Brun a trouvé les espèces suivantes :

Nitschia amphioxus.
Surirella bifrons.
Campylodiscus noricus,
var. costatus [1].
Cyclotella operculata.
C. Kützingiana.
Pinnularia viridis.
Synedra ulna, var. amphirhynchus.
var. aequalis.
Stauroneis phaenicenteron.
St. truncata.
St. punctata.

Dans le produit d'un draguage profond, à 200 m. devant Ouchy, M. Brun a trouvé les mêmes espèces, moins Stauroneis truncata.

Dans divers échantillons de feutre organique que j'ai dragués devant Morges, entre 30 et 45 m. de fond, en 1883 et 1884, M. le pasteur S. Thomas, de Cheseaux près Lausanne, a reconnu les espèces suivantes (IV) :

Achnantes minutissima.
Amphora minutissima.
A. ovalis.
Campylodiscus noricus.
C. spiralis.
Cocconeis placentula.
Cymalopleura solea,
var. apiculata.
Cymbella affinis.
C. caespitosa.
C. cymbiformis.
Navicula elliptica typ.,
var. alpina.
N. mutica (?).
N. neglecta (?).
N. pusilla.
N. limosa,
var. gibberula.
N. viridis.
N. viridula.
Pinnularia major.
Pleurosigma scalproides.

---

[1] Dont Kübler a fait la Cyclotella helvetica.

Cyclotella operculata,
var. minutula.
Fragilaria constricta.
Navicula amphigomphus.
N. Brebissonii.
N. borealis.
N. Mauleri.
Surirella biseriata.
Pleurosigma attenuatum.
Pl. acuminatum.
Pl. Spenceri.
Nitschia Brebissonii.
N. linearis.
Synedra... (?)
S. linearis.

Il n'y a là de commun avec la liste de Kübler que Amphora ovalis, Navicula viridis, viridula, et major et Cyclotella operculata. Avec la liste de Brun, il n'y a de commun que Campylodiscus noricus et Cyclotella operculata.

Les listes de Diatomées de MM. Kübler, Brun et Thomas diffèrent donc beaucoup les unes des autres. Comment faut-il interpréter des différences aussi considérables dans la flore des Diatomées d'une localité à l'autre, ou plutôt d'un draguage à l'autre? Il me paraît qu'il faut y voir l'indice d'un peuplement local, accidentel, soumis aux variations fortuites d'un apport plus ou moins riche de germes venant du littoral, ou des eaux de la terre ferme. Suivant qu'une plante arrachée au littoral et chargée de telles Diatomées aura été sombrée à la place où je fais mon draguage, le feutre organique sera plus ou moins riche en telle espèce. Si cette interprétation est exacte, la flore des Diatomées de la zône supérieure de la région profonde du lac n'est pas une flore stable et fixée.

Une autre question peut se poser. Ces Diatomées sont-elles établies au fond du lac et y végètent-elles? Ou bien ne vivraient-elles pas dans la région pélagique, d'où leurs squelettes siliceux tomberaient sur le fond, comme le font les cadavres des Entomostracés pélagiques?

Cette dernière alternative a quelques analogies en sa faveur: les Diatomées que l'on trouve dans le limon du fond de l'océan sont attribuées à la surface; souvent à la surface de la mer l'on voit une grande végétation de Diatomées qui salissent l'eau comme le fait notre fleur du lac; nous avons vu d'autre part que dans la région pélagique, Brun a recueilli, flottant à la surface, le Gomphonema angustatum[1]; que Schnetzler a trouvé, au milieu de la fleur du lac, des Diatomées appartenant aux genres Diatoma, Gomphonema, Navicula, Closterium; enfin nous savons que tous les bois et toutes les herbes qui ont trempé pendant longtemps dans le lac sont couverts de la mousse brunâtre, caractéristique des Diatomées, et beaucoup de ces corps flottants sont charriés par les courants du littoral dans la région pélagique.

Cependant, malgré ces arguments, je suis convaincu que les Diatomées que j'ai envoyées à MM. Kübler, Brun et Thomas, sont bien des habitants du fond du lac, qu'elles ont vécu

---

[1] Voir la note [3] à la page 86.

dans le fond et n'y sont pas simplement tombées de la surface. Au moment où je ramène du fond le feutre organique, j'y trouve des milliers de Diatomées vivantes ; d'autre part je n'ai jamais vu l'eau de la région pélagique salie par la végétation des Diatomées comme la chose est décrite pour la mer ; les Diatomées sont en général plus lourdes que l'eau, et dans les terrines où je les vois se développer, elles ne viennent jamais flotter à la surface. Enfin dans la région littorale, ou dans un fond de mare, je vois sur place le feutre organique végéter avec ses myriades de Diatomées, comme je suppose qu'il végète dans la zône supérieure de la région profonde.

§ III. Faune profonde du lac Léman.

Mes recherches personnelles ayant porté surtout sur le lac Léman, je donnerai une meilleure idée de la faune profonde de nos lacs en général en décrivant à fond celle de ce lac ; un exposé rapide de ce qui est connu dans les autres lacs permettra ensuite de juger des ressemblances et des différences.

Je vais donc faire d'abord l'énumération complète des espèces à moi connues dans la région profonde du Léman. Je donnerai la description des formes nouvelles seulement.

I. VERTÉBRÉS.

Poissons.

Comme nous l'avons dit au § 2 du chapitre III, tous les Poissons du lac, sauf deux espèces, le Chabot et la Gravenche, vont temporairement séjourner dans la région profonde; les poissons blancs du littoral et les carnassiers qui les poursuivent habitent pendant l'hiver la zône supérieure de la région profonde, sur les flancs du mont, par 20 à 50 m. de profondeur ; les Féras, les Ombles-chevaliers et les Lottes vont frayer en hiver dans les plus grands fonds. Je n'ai pas à revenir sur ces faits, et je me borne à compter 14 espèces de poissons, comme habitant plus ou moins longtemps la région profonde de notre lac. Ce sont :

Perca fluviatilis	espèce litorale	migration hivernale
Cyprinus carpio	id.	id.
Tinca vulgaris	id.	id.
Gobio fluviatilis	id.	id.
Alburnus lucidus	id.	id.
A. bipunctatus	id.	id,
Scardinius erythrophthalmus	id.	id.
Leuciscus rutilus	id.	id.
Squalius cephalus	id.	id.

Trutta variabilis	espèce erratique	chasses hivernales
Esox lucius	id.	id.
Lota vulgaris	espèce littorale	époque du frai
Coregonus fera	espèce pélagique	id.
Salmo umbla	id.	id.

Aucune espèce de poisson n'est propre à la région profonde.

II. ARTHROPODES.

1. Insectes.

Les Insectes ne sont représentés dans la région profonde que par les larves de Diptères appartenant aux genres **Chironomus** et **Tanypus.** Ces formes sont les mêmes que celles du littoral.

Ils habitent le limon; quelques-uns se tissent un fourreau de soie et de vase.

Quelquefois, mais très rarement, je les ai vus passer à l'état de nymphe. Jamais je ne les ai surpris se transformant en insecte parfait.

Ils ont été étudiés par M. le professeur D. Monnier de Genève *(Mat. XII)* et par M. C. R. d'Osten-Sacken à Heidelberg (IV).

Dans les envois que j'ai faits à ce dernier naturaliste, au printemps de 1884, il y avait trois espèces de larves appartenant au genre Tanypus, et des nymphes de deux espèces.

2. Arachnides.

Les Arachnides de la région profonde appartiennent à trois groupes, Hydrachnides, Acarides, Tardigrades.

A. Hydrachnides.

Ces petits animaux, très nombreux sur le limon du lac, ont été étudiés par H. Lebert, alors à Breslau, auquel j'ai pu envoyer des animaux vivants. Il a cru y découvrir un nouveau genre, le genre Campognatha H. Leb. dont il a décrit deux espèces C. Foreli *(Mat. XIII)*, C. Schnetzleri *(Mat. XL)*.

Plus tard lorsque Lebert est rentré en Suisse il a continué ses études sur l'ensemble des Hydrachnides du lac, et d'après les échantillons vivants que je lui envoyais à Bex ou à Nice, il a décrit, dessiné et nommé 19 formes différentes. Malheureusement la mort est venue surprendre notre ami, avant que son travail fut terminé; la description morphologique était assez avancée, mais le travail zoologique était absolument insuffisant. Désireux de ne pas perdre ces matériaux, travaillés avec tant d'ardeur, je me décidai à publier le manuscrit de Lebert *(Mat. XLIX)*, en invitant les Hydrachnologistes à en faire une critique et une révision. Cet appel a été entendu. Deux auteurs ont repris ce sujet:

F. Kœnike de Brême en a, en 1881, fait une révision (LXXII) qui a supprimé la plupart des noms de genre et d'espèce proposés par Lebert, dans la persuasion où était celui-ci

d'avoir des types nouveaux dans des êtres vivant dans des conditions aussi nouvelles. Kœnike a reconnu dans la plupart de nos Hydrachnides du Léman des espèces déjà connues et décrites [1].

L'année suivante le Dr. Haller de Berne a repris le même sujet en se basant sur les animaux que je lui ai envoyés vivants, et il a publié les résultats de ces observations en 1882 dans son étude zoologique sur les Hydrachnides de la Suisse (LXXI). Dans l'automne de 1883 j'ai pu faire de nouveaux envois à Haller, actuellement à Zurich, qui a constaté encore quelques formes nouvelles (IV, CL).

C'est d'après les dernières publications de Haller, en utilisant les travaux de Lebert et de Kœnike ainsi que mes notes personnelles, que je puis indiquer comme vivant dans la région profonde les huit espèces suivantes :

1. **Hygrobates longipalpis** (Hermann) Kœnike.

Campognatha Foreli H. Leb. partim. *Mat. XIII, XLIX.* C. Schnetzleri H. Leb. *Mat. XL.*

Haller loc. cit. (LXXI) pag. 66. Kœnike loc. cit. (LXXII) pag. 616.

Ce petit Hydrachnide, de 10 à 15 m/m. de longueur, d'un rouge brique avec taches blanches, est très abondant dans toute la région profonde, aussi bien dans la zône supérieure, où il se trouve en nombre à chaque draguage, que dans les plus grands fonds. Les filets à féra des pêcheurs d'Ouchy en rapportent par centaines et par milliers, sitôt qu'ils ont séjourné quelques heures dans les grands fonds du lac [2].

Je ne l'ai pas encore vu dans la région littorale ; mais il y existe probablement, étant donnée sa fréquence dans les lacs suisses, d'après Haller : lac de Zurich, de Constance, de Thoune, lac du Faulhorn, étangs des environs de Berne, etc.

2. **Hygrobates nigromaculatus** (H. Lebert) G. Haller. Lebert. *Mat. XLIX.* p. 490 Haller loc. cit. (LXXI) pag. 67.

Voici la description de Haller, qui venant d'un spécialiste est fort supérieure à celle de Lebert. Je la traduis :

« Hydrachnide de grande taille, 2.0 à 2.5 m/m. de longueur, corps ovale, élargi, largement tronqué entre les poils antenniformes, légèrement échancré. Couleur fondamentale du corps brun-clair sale ; pigment des yeux rouge vif : couleur du sac stomachal noir foncé ; glande dorsale en forme d'Y, très richement ramifiée, avec élargissement aciniforme des extrémités glandulaires, légèrement renflées en massue. La plaque labiale inférieure

---

[1] P. Kramer (CXXVI) a déjà critiqué en 1879 la création du genre Campognatha de Lebert et a rapporté la C. Foreli au genre Limnesia.

[2] Les œufs de ces Hydrachnides sont abondants dans la vase de la région profonde ; ils sont d'un rouge clair, en groupes de 4 ou 5, dans une substance albuminoïde, transparente ; j'en ai compté jusqu'à 20 paquets dans quelques centimètres cubes de limon.

est unie avec la plaque de la première patte; elle est remarquablement longue et s'étend presque jusqu'à la hauteur du bord postérieur de la plaque épimérale de la 4ᵉ patte ; elle se rétrécit à peine en arrière et se termine en pointe mousse. Les plaques génitales ont la figure d'un cœur renversé, plus long que large ; les trois ventouses ovales, qui correspondent au bord externe des plaques, suivent une ligne courbée en dehors ; les deux ventouses antérieures sont placés longitudinalement, la dernière transversalement. Les palpes sont petits et courts, le 2ᵉ et le 3ᵉ articles ont leur face inférieure presque lisse et couverte d'aspérités à peine visibles ; le 4ᵉ article est près de 1½ fois plus long que le précédent. Pattes longues et minces ; la 1ᵉ et la 2ᵉ sont plus courtes que le corps ; leur couleur est plus pâle que celle du corps ; l'article terminal est d'un gris de plomb ou noirâtre. Il n'y a pas de longues soies ; tous les poils sont courts et robustes. » La description de Haller est faite d'après des individus pêchés dans la zône supérieure de la région profonde devant Morges. Ceux que Lebert a vus, et dont Haller assimile la description à la sienne, venaient de la région littorale.

3. **Pachygaster tau insignitus** H. Leb.

Lebert. *Mat. XLIX,* pag. 519. Pl. XI, fig. 11 et 11 a. Haller loc. cit. (LXXI) 69.

La valeur du genre et de l'espèce de Lebert est reconnue par Kœnike et par Haller. Je traduis la description qu'en donne Haller :

« Genre Pachygaster: Corps mou arrondi, avec différences sexuelles à peine apparentes. Ventre recouvert en grande partie par une plaque finement poreuse, formée par la réunion des plaques épimérales de toutes les paires de pattes. Epimères de la 1ʳᵉ paire de pattes séparés l'un de l'autre et rejetés de chaque côté ; ceux des 2ᵉ et 3ᵉ paires réunis sur la ligne médiane ; celui de la 4ᵉ paire très gros s'élargissant notablement vers l'intérieur. Plaque ventrale largement échancrée au milieu de son bord postérieur pour recevoir l'aire génitale. Aire génitale quadrangulaire avec angles externes arrondis, et à peine rétrécie en avant. Plaques génitales montrant dans leur moitié postérieure, le long du bord interne une rangée simple de petits poils. Les ventouses ne sont pas situées sur la plaque, mais à son côté interne, en une rangée unique, parallèle à la plaque génitale; les ventouses sont au nombre de trois de chaque côté, elles sont de grande taille, de forme rectangulaire allongée. Toutes les pattes sont munies de griffes. Chez le mâle, la dernière patte est ornée de forts pinceaux de soies natatoires, longues et robustes, à l'extrémité extérieure des 4ᵉˢ et 5ᵉˢ articles.

« Les articles terminaux de toutes les pattes, dans les deux sexes, sont armés d'épines courtes et épaisses qui sont surtout nombreuses vers le bord externe. Les pattes sont revêtues d'une épaisse couche chitineuse percée de pores fins et nombreux. L'œil a une cornée très visible. Plaques des glandes cutanées bien développées. »

« Pachygaster tau insignitus H. Lebert. Sur le dos est un dessin d'un tau grec de couleur jaune sur fond noir velouté » (¹).

(¹) Voir encore la description des nymphes de cette espèce : Haller loc. cit. (CL).

Cet Hydrachnide est moins fréquent que les Hygrobates; il se trouve dans la zône supérieure de la région profonde du Léman de 25 à 40 m. de profondeur; je ne l'ai jamais pêché à plus de 40 m.

Il a été trouvé par Asper dans les lacs de Zurich et de Zoug, mais dans une variété différente par sa coloration.

C'est ainsi que Haller distingue deux variétés de cette espèce:

var. a. Dessin du tau jaune sur fond noir. Léman.

var. b. D'une belle couleur rouge brillante, avec glande dorsale blanche, pattes vertes ou vert-bleuâtre. Lacs de Zurich et de Zoug.

4. **Limnesia pardina** Neuman.

Cette espèce abondante dans la région profonde, a été, dans l'opinion de Haller, jointe par Lebert avec l'Hygrobates longipalpis et il en a fait son genre Campognatha (LXXI).

5. **Nesaea Koenikei** G. Haller, loc. cit. (CL)

Cette espèce nouvelle à été trouvée en deux exemplaires dans le produit d'un draguage fait en nov. 1883 devant Morges, par 50 m. En voici la description traduite des notes de l'auteur (IV). « Corps ramassé, ovale; enveloppe chitineuse des extrémités, finement striée en treillage. Dernier segment de la 3e paire de pattes fortement recourbé, hétérodactyle. Plaques de l'appareil génital étirées en une éminence corniculée au milieu du bord extérieur. Cette corne est armée à la partie postérieure d'une petite éminence accessoire, portant des épines courtes mais épaisses. De chaque côté, mais à l'intérieur de l'aire génitale, 4 à 5 ventouses très petites. Couleur grisâtre; longueur ca. 1/2 m/m. »

6. **Nesaea reticulata** Kram.

N. lutescens Leb. *Mat. XLIX.* 513. Haller loc. cit. (LXXI), pag. 74.

Trouvée par Lebert au milieu d'un envoi d'Hydrachnides pêchés dans le Léman, par 45 m. de profondeur.

7. **Asperia Lemani** G. Haller, loc. cit. (CL).

Nouveau genre et nouvelle espèce, trouvée par M. Haller dans le produit de mes draguages de Morges, par 40 m. de fond [1].

8. **Atax crassipes** Bruz.

H. Lebert. *Mat. XLIX.* 516. Haller. loc. cit. (LXXI), pag. 77.

Dans la zône supérieure de la région profonde du Léman. Peu fréquent.

---

[1] Le dernier travail de M. Haller (CL) m'étant parvenu au milieu de l'impression de ce paragraphe, je suis obligé de renvoyer à l'original pour la description de l'Asperia Lemani et pour les détails plus complets sur la Nesaea Koenikei.

Cet Hydrachnide, bon nageur, a été trouvé par Pavesi et Asper dans la région pélagique. Je ne l'y ai jamais rencontré, mais étant donnés ses mœurs dans les bassins, où on le voit s'élever dans l'eau et monter à la surface, il n'y a pas de doute qu'il n'est aucunement relégué dans la région profonde et qu'il peut nager dans la région pélagique.

— L'Atax crassipes étant par ses allures un animal nageur n'est pas confiné dans la région profonde. Les sept autres espèces sont au contraire des marcheurs; ils marchent sur le sol sur lequel ils circulent constamment à la recherche de leur proie.

— De ces huit Hydrachnides, quatre sont déjà connus ailleurs, et ne semblent pas modifiés par leur transport dans la région profonde du lac: Hygrobates longipalpis, Limnesia pardina, Nesaea reticulata, et Atax crassipes. L'Hygrobates nigro-maculatus est une espèce nouvelle; elle existe dans la région littorale et elle descend dans la zône supérieure de la région profonde; cela n'offre aucune difficulté.

Quant au Pachygaster tau insignitus ses relations sont moins claires. D'après les données de Haller, il est connu en deux variétés:

variété a. Vivant dans le Léman de 25 et 40 m. et dans le lac des IV-Cantons, et d'autre part dans la Sager-Meer, près d'Oldenbourg, où M. Kœnike l'a pêchée.

variété b. Vit dans les régions profondes des lacs de Zurich et de Zoug, où Asper et moi l'avons draguée.

Il est probable qu'avec de l'attention, nous trouverons une variété de cette espèce dans les eaux littorales de notre lac, ou tout au moins dans les eaux terrestres de notre région; mais cette trouvaille n'a pas encore été faite.

La Nesaea Koenikei et l'Asperia Lemani enfin sont des espèces nouvelles, tout récemment différenciées, en 1884, non encore connues ailleurs. Leurs rapports et leur aire d'extention ne sont pas encore déterminés.

— Le Pachygaster et Hygrobates nigro-maculatus sont abondants dans la zône supérieure de la région profonde, Hygrobates longipalpis dans la zône inférieure.

Voici d'après G. Haller le nombre relatif des Hydrachnides provenant d'un draguage fait à 50 m. devant Morges.

Limnesia pardina	20	exemplaires.
Hygrobates longipalpis	20	»
Nesaea Koenikei	2	»

B. Acarides.

Un **Halicarus** non-déterminé, a été trouvé par G. du Plessis en 1875 dans le produit d'un draguage fait devant Morges par 40m. de fond *(Mat. XXXIV)*. Il a été depuis lors retrouvé fréquemment par ce même naturaliste.

C. Tardigrades.

Arctiscon tardigradum Schrank.

Ce tardigrade est assez fréquent dans le limon. Il a été reconnu pour la première fois en 1875 par le prof. E. Selenka d'Erlangen, dans le produit d'un draguage fait à 40

mètres devant Morges *(Mat. XXXIV)*. Retrouvé depuis lors, il a été déterminé par le prof. G. du Plessis.

Le prof. H. Blanc de Lausanne le trouve en abondance dans le sable fin qu'il drague par 60 m. de fond devant Ouchy.

3. Crustacés.

A. Amphipodes.

1. **Gammarus pulex** Deg.

Ce joli Gammarus, d'assez grande taille et normalement pigmenté, est très rare devant Morges dans la région profonde, où je ne l'ai pêché qu'une seule fois, par 40 m. de fond. En revanche il doit être plus fréquent devant Ouchy, d'où j'en ai reçu plusieurs exemplaires capturés sur les filets à Féra, descendus dans le lac entre 200 ou 300 m. Les pêcheurs m'ont affirmé qu'il se trouvait en grand nombre sur ces filets.

Les individus que j'ai vus différaient peu du G. pulex de la région littorale du lac.

2. **Niphargus puteanus** Koch. Var. **Forelii.** Al. Humb.

Alois Humbert. *Mat. XXXIX. pag. 312.*

Ce joli crustacé, blanchâtre avec des teintes rosées, se trouve en très grande abondance dans la zône supérieure de la région profonde du Léman, à partir de 30 à 40 m.; il existe jusqu'aux plus grandes profondeurs du lac, où je l'ai recueilli dans un draguage à 300 m.; en revanche je ne l'ai jamais trouvé sur les filets à Féra des pêcheurs d'Ouchy [1].

Cet animal a été étudié avec grande attention par A. Humbert de Genève auquel jai remis des échantillons morts ou vivants; cet auteur en fait une variété du Niphargus puteanus de Koch.

Dans son mémoire sur cet animal, Humbert le décrit très attentivement en le mettant en opposition avec la variété qu'il a trouvée dans un puits à Onex, canton de Genève, var. Onesiensis. Je renvoie à l'original pour ces détails. Je me borne à donner ici les dimensions de la variété lacustre, var. Forelii:

Longueur totale de l'extrémité des antennes supérieures à l'extrémité des dernières pattes sauteuses	12 m/m.
Longueur du corps, du devant de la tête à l'extrémité du dernier segment	7 »
Longueur des antennes supérieures	3 »
Longueur de la dernière paire de pattes sauteuses	2 »
Antennes supérieures	19 articles.
Antennes inférieures, fouet	7 à 9 »

[1] Il est possible que l'animal, assez mobile, se dégage des filets et tombe, ou dans l'eau, ou dans le bateau. Je ne l'ai cherché sur les filets que lorsque ceux-ci étaient apportés au rivage; peut-être si j'avais regardé dans la cale des bateaux de pêche, en aurais-je trouvé.

Entre la variété cavicole, habitant le puits d'Onex, et celle du lac, les différences peuvent se caractériser ainsi: Les soies et les épines sont plus nombreuses dans la variété d'Onex; les organes formés d'articles, tels que les antennes et les pattes natatoires, ont une tendance à être composés d'un plus grand nombre de pièces. Plus grande complication dans la variété du puits d'Onex; plus grande simplicité dans la variété lacustre.

Quant aux relations de parenté de ce Gammaride avec les autres Amphipodes de la contrée, Humbert estime qu'il est tellement rapproché des Niphargus des puits de la terre ferme, qu'il est convenable de n'en faire qu'une simple variété. C'est peut-être aller un peu loin dans la prudence, et en comparant les caractères différenciels des deux variétés d'Humbert, différences qui portent surtout sur le nombre des articles et des ornements [1], il me semble qu'on pourrait élever la forme lacustre au rang d'espèces. Quoiqu'il en soit, ce rapprochement est un indice de parenté.

Notre Gammaride aveugle est donc, au point de vue morphologique, plus près parent des Niphargus des puits de la terre ferme, que des Gammarus pulex de la région littorale du lac.

B. Isopodes.

Asellus Forelii H. Blanc.

H. Blanc. *Mat. L, pl. XII.*

Dans la zône inférieure de la région profonde, j'ai pêché un Isopode aveugle, appartenant au genre Asellus. Il est de très petite taille, d'un blanc grisâtre, sale; peu fréquent dans les draguages faits devant Morges, entre 75 et 120 m. de fond, il doit être relativement abondant dans les très grands fonds, car j'ai trouvé parfois un assez grand nombre d'exemplaires fixés aux filets à Féra des pêcheurs d'Ouchy. Exceptionnellement, j'en ai trouvé dans la zône supérieure un exemplaire dans un draguage à 60 m., un à 40 m. de fond, et même un à 30 m., devant Morges.

Il a été étudié par le Dr. H. Blanc de Lausanne; ce zoologiste en fait une espèce spéciale, rapprochée de l'Asellus cavaticus Schiödte, mais dont elle diffère par les caractères suivants:

« Longueur maximale 5 m/m. Longueur des antennes inférieures égalant la moitié de la longueur du corps. Tigelle des antennes inférieures de 13 à 26 articles. Antennes supérieures, tigelle 5 articles. Organes olfactifs, trois chez le mâle, comme chez la femelle. Organes olfactifs ne dépassant jamais en longueur les articles qui suivent sur l'antenne. Dents du bord interne du pied mâchoire, 2, rarement 3 ».

La cécité de l'Asellus Forelii n'est pas sans exception; deux individus, étudiés par Blanc, et pêchés devant Morges et Ouchy par 200 et 300 m. de fond, présentaient des rudiments d'yeux; tous les autres individus jusqu'à présent capturés, même des jeunes

[1] En faisant entrer aussi en ligne de compte les questions généalogiques, comme nous le verrons plus loin.

retirés de la poche incubatrice de la mère, étaient absolument dépourvus d'appareil visuel. L'apparition de l'organe de la vue chez ces deux individus est-il un fait d'atavisme et de retour au type, ou bien est-ce un stade de modification de l'espèce sous des actions de milieu ? c'est difficile à dire.

Notre Asellus du Léman est intermédiaire entre l'Asellus aquaticus des eaux éclairées, dont il diffère par l'absence d'organe de la vision, et l'Asellus cavaticus Schiödte, qui est remarquable par un plus grand développement des organes de l'olfaction. C'est de cette espèce qu'il se rapproche le plus.

Nous discuterons plus tard l'origine de l'Asellus Forelii, et nous verrons que c'est probablement un Asellus cavaticus égaré d'une caverne, qui s'est modifié dans la région profonde du lac Léman.

C. Cladocères.

1. **Sida cristallina** O. F. Müller.

H. Vernet *(Mat. XIV, pag. 97. XLII, p. 430.)*

Nous trouvons parfois ce Cladocère dans le produit de la drague à filet, provenant de pêches entre 30 et 50 m. Mais je ne suis point sûr qu'il stationne sur le fond ; c'est un bon nageur, qui habite aussi bien la région littorale que la région pélagique ; il est fort possible, qu'il ait été capturé par le filet en traversant la région pélagique.

Moina bathycolla H. Vernet.

H. Vernet *(Mat. XLII. pag. 430.* pl. II. f. 23.*)*

Ce Cladocère diffère, suivant Vernet, du Monoculus brachiatus de Jurine, de la Daphnia brachiata de Liévin et de Leydig, de la Moina brachiata de Baird, quoiqu'ayant avec cette espèce des rapports évidents. Voici un abrégé de la description qu'il en donne.

Longueur totale 0.65 m/m., largeur maximale 0.41 m/m. Antennules longues et fortes, portant des soies délicates, terminées par une papille sensitive de longueur inégale. Pas de soies au milieu du bord antérieur de l'antennule. Antennes très fortes à leur base, plissées jusqu'à la bifurcation, deux soies au bord antérieur, une au bord postérieur. Premier rameau, 3 articles portant, les deux premiers, chacun une soie biarticulée, le troisième, 3 soies biarticulées et une soie simple ; deuxième rameau 4 articles, portant 3 soies biarticulées à l'extrémité du quatrième article, et une soie simple sur les deuxième et quatrième articles. Post-abdomen large, terminé par deux longs crochets, entourés de crochets plus petits et de poils fins. Sur le bord postérieur 18 crochets principaux en deux rangées, puis quelques crochets accessoires. Deux soies biarticulées du post-abdomen de longue taille. Cavité incubatrice logeant deux œufs. Valves de forme assez irrégulière, bordées de soies, ornées elles-mêmes de poils secondaires. Pas de stries sur les valves. Oeil formé de lentilles peu nombreuses, mais grandes. Tache oculaire petite, en arrière au-dessus de l'œil.

Cette Moina nage mal; elle marche sur le sol et chemine au milieu des débris organiques du limon.

3. **Eurycercus lamellatus** O. F. M.

Vernet *(Mat. XIV, 99.)*

Ce beau Cladocère vit dans le limon de la région profonde, entre 30 et 100 m. de profondeur. L'espèce en est fort répandue dans toute l'Europe, mais elle n'était pas encore connue dans notre pays. Jurine en particulier ne l'a pas vue dans les eaux des environs de Genève; il est vrai qu'il n'a probablement fait ses pêches que dans les étangs et les eaux terrestres. Il existe cependant dans la région littorale du Léman, où je l'ai pêché, dans les gazons de Charas du bord du Mont.

4. **Camptocercus macrourus** O. F. M.

Vernet *(Mat. XIV, pag. 99. XLII, pag. 432.)*

Ce Lyncéïde habite comme le précédent le limon de la région profonde. Nous le connaissons aussi dans la région littorale.

La forme que nous avons trouvée dans le Léman est de petite taille, mesure moins d'un millimètre, et n'approche pas de la grandeur de celui de Liévin, qui est, dit-il, de la taille de l'Eurycercus lamellatus.

5. **Alona quadrangularis** O. F. M.

Lynceus striatus Jurine.

Vernet *(Mat. XIV, pag. 99, XLII, pag. 432.)*

Ce Lyncéïde de la région profonde est connu dans les eaux terrestres du pays, où il a été pêché par Jurine et H. Vernet. C'est une espèce marcheuse, incapable de soutenir longtemps la natation.

6. **Pleuroxus . . . .**

H. Vernet *(Mat. XLII, pag. 433.)*

M. Vernet a vu un seul individu de ce genre; il n'en a pas déterminé l'espèce qui est peut-être nouvelle, car elle ne répond pas aux caractères donnés par Baird à ses trois espèces.

D. Ostracodes.

1. **Candona similis** Baird. **C. lucens** Baird.

H. Vernet *(Mat. XIV, pag. 101, XLII, q. 433.)*

Lorsque Vernet a étudié en 1874 le produit de mes draguages profonds, il y avait trouvé un grand nombre de Candona, qu'il avait repartis entre quatre ou cinq espèces différentes. Dans la révision qu'il a faite en 1878 des Entomostracés de la région profonde, il n'a retrouvé qu'une seule espèce qui participe à la fois aux caractères de deux espèces de Baird, la C. similis et la C. lucens; il croit qu'il y aurait lieu de les réunir en une seule et même espèce.

Ce sont des animaux marcheurs, vivant dans le limon et appartenant ainsi certainement à la région profonde, où ils sont très nombreux.

2. **Cypris minuta** Baird.

H. Vernet (*Mat. XIV, pag. 102.*)

Un individu de cette espèce nageuse a été trouvé dans le produit d'un draguage profond, par 40 m. C'est par erreur que Vernet dit (*Mat. XLII*) que cette espèce est des plus fréquentes dans la région profonde.

C'est du reste une espèce commune dans les eaux superficielles.

3. **Acanthopus resistans** H. Vernet.

4. **Acanthopus elongatus** H. Vernet.

Vernet (*Mat. XIV, pag. 103, XLI, pag. 406.*)

Ce genre nouveau de petits Ostracodes d'eau douce, appartenant à la famille marine des Cythéridés, a été créé par le Dr. Vernet pour de petits Entomostracés marcheurs, vivant sur et dans le limon. Ce sont des fouisseurs, qui s'enterrent volontiers dans le limon et le charnier des débris organiques. En voici la description abrégée, que je dois à l'auteur lui-même.

« Valves irrégulièrement convexes, présentant quelques saillies ; les bords sont plus particulièrement garnis de poils. Antennes de la première paire composées de 5 articles, portant des soies. Antennes de la deuxième paire, 4 articles. Le premier porte à son extrémité une longue soie biarticulée. Mandibules ornées de neuf dents ; elles sont en outre munies chacune d'un palpe composé de 4 articles. Maxilles terminées par 4 membres, dont un formé de deux articles ; elles sont ornées d'un grand appendice branchial, flabelliforme, garni de longues soies transparentes. Trois paires de pattes, composées de 4 articles. La première paire est la plus courte, la troisième la plus longue. Les articles basilaires portent un ou plusieurs crochets et une soie très volumineuse. Post-abdomen rudimentaire, réduit à deux lobes arrondis, portant deux poils et encadrant l'extrémité de l'arête dorsale. Au-dessous, deux ouvertures communiquent par un canal à un vaste receptaculum seminis. »

Vernet distingue deux espèces, dont voici les dimensions et les caractères, en résumé :

A. resistans	longueur	0.90 m/m.	largeur	0.53 m/m.
A. elongatus	»	0.95 »	»	0.45 »

Dans le resistans les valves sont plus fermes ; moins transparentes, plus irrégulières. Dans l'elongatus les valves montrent, dans leur profil, une dépression parallèle à la charnière, bifurquée postérieurement. Les valves ont leurs bords renversés en dedans dans le resistans, aplatis dans l'elongatus. Dans l'elongatus les deux valves ne peuvent se fermer complètement ; elles sont légèrement béantes en avant et en arrière. Dans le resistans elle s'appliquent mieux sur toute la longueur.

La couleur est rosée dans le resistans, jaunâtre avec une grande tache noire dans l'elongatus.

Les membres sont plus élancés chez l'elongatus surtout les antennes de la première paire. Ces deux espèces de Cythéridés vivent ensemble, elles sont abondantes dans la zône supérieure de la région profonde devant Morges.

E. Copépodes.

1. **Cyclops magniceps** Lilljeborg.

Vernet *(Mat. XIV, pag. 107, XLII, p. 434.)*

M. Vernet attribue à l'espèce de Lilljeborg un beau Cyclopide assez fréquent dans les draguages profonds.

2. **Cyclops brevicornis** Claus.

Vernet *(Mat. XIV, pag. 107. XLII, pag. 435.)*

Cette espèce, très fréquente dans toutes les eaux superficielles du pays, se rencontre aussi dans le produit des draguages profonds.

Ces deux Cyclops sont nageurs et pourraient dans l'opinion de M. Vernet provenir de la faune pélagique. Cependant dans les aquariums on les voit volontiers se poser sur le sol, et s'enfouir dans le limon, pour s'y cacher ou pour y dévorer leur proie. Ce ne sont pas des nageurs infatigables comme les animaux essentiellement pélagiques, les Diaptomus castor par exemple, ils ne craignent pas de se poser sur le sol. Ils n'ont du reste pas la transparence des espèces pélagiques. Je n'hésite pas à les compter parmi les bonnes espèces de la faune profonde [1].

3. **Canthocamptus staphylinus** Jurine.

H. Vernet *(Mat. XIV, pag. 106.)*

Trouvé dans les draguages à 300 m. de fond dans le Léman.

4. **Canthocamptus minutus** Claus.

H. Vernet *(Mat. XLII, pag. 435.)*

Assez fréquent dans les draguages entre 25 et 100 m.

Ces petits Calanides, animaux limicoles, mauvais nageurs, ne pouvant s'élever dans l'eau, appartiennent certainement à la faune profonde.

F. Siphonostomes.

Argulus foliaceus F.

Parasite des branchies du Brochet, signalé par M. G. Lunel (XLIII).

---

[1] Ces Cyclops sont parmi les plus robustes des espèces de la faune profonde. Lorsque j'ai déposé dans un baquet le produit d'un draguage, si le temps est un peu chaud, tous les animaux marcheurs et nageurs ne tardent pas à périr ; les Hygrobates longipalpis résistent encore fort longtemps, mais les Cyclops sont de beaucoup les plus coriaces et je les retrouve seuls dans nos bocaux après quelques semaines de vie en captivité. Les Limnées partagent souvent cette faculté de résistance.

III. MOLLUSQUES.

1. Gastéropodes.

Les coquilles des Gastéropodes, que j'ai draguées dans les lacs suisses ont été étudiées en 1873 par M. le Dr. A. Brot de Genève *(Mat. XV)* et par M. S. Clessin, alors à Regensbourg (XLV). C'est d'après le dernier de ces auteurs, qui a eu en main tout le matériel pêché jusqu'au moment de ses études, que je vais indiquer les espèces de notre faune profonde.

1. **Limnaea profunda** S. Clessin.

L. stagnalis A. Brot.

S. Clessin, loc. cit. (XLV) p. 171. A. Brot *Mat. XV, pag. 111*, pl. III. Fig. 4.

Description de l'espèce, traduite de Clessin : « Spirale très raccourcie ; en revanche dernier tour très rebondi, 4 ½ à 5 tours. Sur une coquille dont les dimensions sont : hauteur totale 15 m/m., diamètre maximal 9 à 10 m/m., le dernier tour mesure 11 m/m. de haut, et 10 de large, tandisque le précédent n'a plus que 4 m/m. de diamètre. »

Cette Limnée est relativement rare ; nous n'en avons eu que 3 exemplaires venant de 50 m. de profondeur devant Morges.

Il n'y a pas de doute que cette forme ne vienne de la L. stagnalis Müller, et en particulier de la variété lacustris, déjà remarquable par le raccourcissement de la spirale.

Clessin s'étonne du peu de modifications apportées dans la coquille par l'habitat dans les profondeurs.

2. **Limnaea abyssicola** A. Brot.

Brot. *Mat. XV, p. 111*, pl. III, V et VI. Clessin (XLV) p. 172.

Voici la description de Brot : « T. parvula, oblongo-acuta, tenuicula, palliè cornea ; anfractus IV convexi, suturâ impressâ divisi, laxè convoluti, sub lente tenuissimè irregulariter transversè striati ; apertura acutè ovata, supernè acuta, basi rotundata ; margine dextro paululum dilatato ; sinistro appresso, rimam umbilicatem occultante ; callo parietali conspicuo. »

Longueur 6.5 m/m., largeur 3.5 m/m.

Cette petite Limnée était très abondante en 1870—1874, de 30 à 100 m. de fond devant Morges. Je l'ai pêchée dans un draguage à 260 m. de profondeur devant Ouchy.

D'après Clessin (XLIV) cette espèce vient certainement de la L. palustris Müll. et probablement de la var. flavida Cless. qui habite le bord de quelques lacs subalpins. Nous ne connaissons pas cette espèce palustre dans le lac Léman ; en revanche elle doit habiter les marais de notre pays (?).

3. **Limnaea Foreli** S. Clessin.

S. Cless. (XLV) p. 171. pl. III. Fig. 2. 4.

Description de Clessin : « Coquille de grosseur moyenne, ovoïde allongée, transparente, très mince, couleur cornée blanchâtre, striée de lignes fines et irrégulières, sans traces de la marque d'accroissement annuel. Tours de spirale 5, ventrus, s'élargissant rapidement, séparés par une suture profonde, les trois premiers très petits, formant un petit cône pointu ; dans les vieilles coquilles, le premier tour est souvent brisé, le dernier tour dilaté. Ouverture allongée en ovale pointu, occupant les $^2/_3$ de la longueur de la coquille ; bord très tranchant, un peu élargi ; bord axial large, en haut fortement comprimé, se prolongeant en bas en une coulisse ombilicale étroite, et formant à son arrivée à l'ouverture un angle obtus bien dessiné. »

Coquille	longueur	12 m/m.	largeur	6.5 m/m.
Ouverture	»	8 »	»	6.0 »

D'après Clessin cette espèce dérive sans aucun doute de **L.** auricularia **L.** laquelle se trouve en grande abondance dans le littoral du Léman (1).

— Nous étudierons plus tard les questions physiologiques qui se rapportent à la respiration de ces Limnées dans une région où l'air atmosphérique ne peut arriver que dissous dans l'eau.

On trouve fréquemment, dans la région profonde, des œufs de Limnées en paquets cylindriques ou ovoïdes, de petites dimensions, libres dans le limon. Ces paquets contiennent en général un petit nombre d'œufs ; ainsi quatre paquets que j'ai dragués le 6 mars 1884 par 150 m. devant Ouchy contenaient 8, 5, 3 et 2 œufs ; un cinquième n'en contenait plus, les œufs étant probablement éclos. D'autres fois le nombre des œufs est beaucoup plus considérable et se rapproche de la ponte ordinaire des Limnées des eaux superficielles. Ainsi dans un draguage de 45 m. devant Morges le 1 avril 1884 j'ai récolté 8 paquets d'œufs de Limnées ; j'ai compté 60 œufs dans le plus gros, 14 et 10 dans les suivants, etc. Ces œufs sont en général fécondés et vivants. Placés en aquarium, ils se développent fort bien (2).

4. **Valvata lacustris** S. Clessin.

Clessin XLV p. 177.

V. obtusa Drap. Brot *Mat. XV, pag. 110.*

---

(1) Dans une lettre récente, février 1884, Clessin met en doute la distinction qu'il avait établie entre L. Foreli et L. abyssicola, en en faisant des espèces distinctes. Il pencherait aujourd'hui vers l'idée que ce ne sont que des variétés locales d'une même espèce (IV).

(2) Ces différences dans la richesse des pontes viennent probablement de la transformation plus ou moins complète en espèces abyssales, suivant que l'acclimatation dans la région profonde a eu lieu pendant un plus ou moins grand nombre de générations.

Description de Clessin : « Coquille turbinée, un peu comprimée, ombiliquée, épaisse, jaune sale, striée de lignes fines irrégulières ; 4—5 tours s'accroissant très lentement, arrondis, séparés par une suture très profonde ; ouverture circulaire, bord continu tranchant.

Diamètre 4 m/m., hauteur 3.2 m/m.

D'après Clessin cette Valvée, quoique elle se rapproche plus pour la forme de la V. alpestris Braunel, doit provenir de la V. antiqua Sow., abondante dans le littoral de notre lac.

Je l'ai pêchée, peu fréquemment, dans les premières années de mes draguages ; depuis longtemps je ne l'ai presque plus rencontrée.

2. Lamellibranches.

Je note ici l'absence absolue des Naïades (Anodontes et Unios) dans la région profonde des lacs, absence dont je discuterai plus loin la signification. Dans la région profonde du Léman je n'ai pas non plus trouvé de Cyclas, quoique ce genre soit représenté dans le littoral. Les seuls Lamellibranches que j'aie à citer sont les Pisidiums, qui sont très abondants dans le limon de la région profonde de tous les lacs. Ceux du Léman ont été étudiés par M. le Dr. A. Brot (*Mat. XV*) puis par M. S. Clessin. *(Mat. XX, 147. XXXV, 268).*

1. **Pisidium Foreli** S. Clessin.

Clessin, *Mat. XXXV, pag. 269.* pl. III, Fig. 2.

Je traduis ici la description de Clessin. « Coquille très petite, ovoïde, mince, transparente, ventrue, striée d'un dessin fin et irrégulier, brillante, de couleur cornée. Sommets larges, gonflés, saillants près du milieu de la coquille. Partie antérieure assez courte, très peu appointie; partie postérieure arrondie. Bord antérieur un peu courbé, court, limité du côté des bords latéraux par la saillie assez prononcée des angles du corselet et de la lunule, bord postérieur tombant verticalement, peu recourbé, séparé du bord inférieur par un angle assez arrondi ; bord inférieur peu recourbé, sa courbure s'accentuant vers le bord antérieur ; bord antérieur tombant verticalement, avec une faible courbure à partir de l'angle de la lunule, formant avec le bord inférieur un angle à peine visible. Ligament court, mince, en saillie. Nacre très peu développée. Lame cardinale très fine.

« Valve gauche. Dents cardinales 2. L'intérieure assez haute s'élevant légèrement d'avant en arrière, à peine courbée; l'extérieure très fine, moins haute, presque droite, entourant presque complètement la dent intérieure. Dents latérales simples; l'antérieure très près des dents cardinales, assez haute, avec pointe mousse; la postérieure moins haute, moins pointue.

« Valve droite. Dent cardinale 1, peu recourbée, s'épaississant un peu en massue en arrière ; cet épaississement est légèrement échancré au milieu, et se prolonge en pointe fine en avant. Dents latérales doubles, très fines, peu appointies, les dents externes très petites. »

« Longueur 2.1 m/m., largeur 1.7 m/m., épaisseur 1.5 m/m. »

Cette espèce est très fréquente dans le lac Léman où elle se trouve dans toutes les profondeurs, depuis 25 à 300 m.

2. **Pisidium profundum** S. Clessin.

Clessin. *Mat. XXXV, p. 273.* pl. III, fig. 5.

Je traduis ici la description de Clessin : « Coquille petite, ovoïde, arrondie, assez épaisse, ornée de stries fines mais très irrégulières, brillante. Epiderme de couleur cornée jaune. Sommets larges, assez saillants, très rapprochés du bord postérieur. Partie antérieure large, assez longue, arrondie ; partie postérieure courte, tronquée. Bord supérieur courbé ; angles du corselet et de la lunule à peine marqués ; bord postérieur tronqué, limité à ses extrémités par des angles arrondis ; celui qui touche au bord inférieur est très bien marqué ; bord inférieur peu bombé, assez recourbé cependant vers le bord antérieur ; bord antérieur très courbé. Ligament court, fort en saillie. Nacre blanche, calcaire. Lame cardinale large.

« Valve gauche. Dents cardinales 2 ; l'interne courte, assez épaisse, à peine courbée, s'effaçant progressivement en avant, de telle manière qu'elle semble n'être qu'un épaississement du bord des lamelles cardinales ; de même aussi le sillon entre les deux dents cardinales est un peu enfoncé dans les lames, et est en relation avec la fossette qui est située entre la dent latérale antérieure et le bord extérieur des lames ; dent cardinale externe courte, mince, peu courbée, faisant à peine saillie en arrière sur la dent interne ; en avant ayant presque la même longueur que celle-ci. Dents latérales simples ; l'antérieure très solide et haute, à pointe émoussée, la postérieure plus basse.

« Valve droite. Dent cardinale 1, à peine courbée ; son extrémité postérieure forme un cône triangulaire court, son extrémité antérieure est très fine, plus basse. Dents latérales doubles ; les internes sont très fortes et assez élevées, peu appointies, les externes sont très courtes et petites.

« Longueur 3.1 m/m., largeur 2.4 m/m., épaisseur 1.6 m/m. »

Je l'ai trouvé dans mes draguages à l'extrémité orientale du Léman, près de Villeneuve et Chillon, par 60 et 80 m. de fond.

IV. VERS.

1. Hirudinés.

Piscicola geometra L.

Cet Annélide, qui d'après l'étude qu'en a faite le prof. Ed. Grube de Breslau (IV), ne se distingue en rien de l'espèce typique, existe libre dans la profondeur du lac. Je le trouve dans le limon que ramène la drague, volontiers fixé aux corps solides de ce limon, comme les scories de coke jetées hors des bateaux à vapeur. Si l'on veut le collecter en nombre, on n'a qu'à le chercher sur les filets à Féra des pêcheurs d'Ouchy.

2. Chétopodes.

Les Chétopodes de la région profonde que Ed. Grube a étudiés sur place, dans deux courses qu'il fit dans ce but à Morges, sont au nombre de trois espèces.

1. **Tubifex rivulorum** Lam. Saenuris variegata Hofm.

Vit dans le limon de la région profonde ; il ne diffère en rien de l'espèce des eaux littorales et terrestres.

2. **Saenuris velutina** Ed. Grube.

Ed. Grube CVIII pag. 72.

Grube rapporte cette belle espèce au genre Saenuris, quoique dans la rangée supérieure des soies il n'y ait que des poils, et dans la rangée inférieure des soies à crochets. L'espèce est caractérisée par les papilles courtes et molles qui recouvrent tout le corps et lui donnent une couleur grise, ou brun-ocré opaque, avec un clitellum blanchâtre du neuvième au onzième segment. La tête est triangulaire, un peu plus large que longue ; unie au deuxième segment, elle est tellement contractile que le plus souvent le deuxième segment, avec ses poils, semble former l'extrémité du corps. Les poils de la rangée supérieure sont distribués en groupe de deux ; les poils à crochets de la rangée inférieure sont, ou bien en groupes de deux, ou bien isolés ; ce n'est qu'avec de forts grossissements que l'on distingue les deux dents de la pointe.

Ce ver est très fréquent dans la région profonde, dont il habite le limon. Je ne l'ai pas encore trouvé dans la région littorale.

3. **Bythonomus Lemani** Ed. Grube.

Ed. Grube CVIII, pag. 72, CIX pag. 66.

Cet Annélide présente, comme le genre marin Clitellio, 2 rangées de soies à crochets ; la rangée supérieure est fort difficile à voir. Ces soies sont réunies par groupes de 2, quelquefois par groupes de 4; elles sont peu saillantes, et il faut de forts grossissements pour distinguer les deux dents du crochet. La forme de la tête, ainsi que la couleur rouge du sang, rappellent le genre Clitellio. Mais dans l'espèce du Léman, il n'y a pas de traces du clitellum qui dans le genre marin embrasse trois segments du corps.

Le ver mesure 20 m/m. de long dans les exemplaires conservés à l'alcool, 40—50 m/m. dans les animaux vivants ; le corps est formé de 40 à 62 segments. Les 7 à 8 premiers segments sont courts et traversés par l'œsophage ; l'intestin, très apparent à travers les parois du corps, est rétréci à la limite des segments et ressemble à un chapelet de perles. On ne peut distinguer l'estomac. A la paroi ventrale du neuvième segment, deux vaisseaux en cœcum qui n'apparaissent qu'après l'ouverture du corps, appartiennent à l'appareil génital ; il en est de même de sphérules blanchâtres qui entourent l'intestin du huitième au treizième segment.

Le vaisseau dorsal, outre les bras qui le relient au vaisseau ventral, envoie de petits vaisseaux doubles, courts, terminés en cœcum [1].

Le Bythonomus, comme les Tubifex, vit enfoui dans le limon où il se creuse de longs tunnels ou galeries.

Les œufs de cet Annélide sont enfermés dans de petits cocons ovoïdes, prolongés à chaque extrémité par un tube ouvert, de couleur brun-verdâtre, élastiques, cornés, qui se trouvent en grande abondance dans le limon. Nous avons pu constater dans un de ces cocons deux jeunes vers, dans lesquels M. Grube a reconnu les caractères génériques du Bythonomus.

Cette espèce n'est pas spéciale à la région profonde. J'en ai retrouvé des individus dans la vase de la beine devant Morges, et Grube a confirmé ma détermination.

3. Nématoïdes.

1. **Gordius aquaticus** L.

Un ver de cette espèce a été trouvé par un pêcheur de St-Prex dans ses filets, qui avaient séjourné dans le lac par 40 m. de fond. Ce pêcheur nous a dit avoir fait déjà plusieurs fois semblable trouvaille.

2. **Mermis aquatilis** Dujardin.

Le professeur E. Bugnion de Lausanne a déterminé ainsi (XCIV) un beau Nématoïde blanc, quelque fois rosé ou verdâtre, qui abonde dans le limon de la région profonde du lac. J'en ai trouvé trois larves parasites dans le corps d'une seule larve de Tanypus, draguée à 40 m. devant Morges, en mars 1884.

Cette même espèce est très fréquente aussi dans le limon de la région littorale ; on en trouve des groupes parfois considérables, pelotonnés autour des racines de Potamogeton crispus (CX).

3. **Dorylaimus stagnalis** Duj.

Ce petit ver, déterminé par E. Bugnion, fourmille dans le feutre organique et dans les poussières que récolte la drague à filet ; il ne diffère en rien de l'espèce littorale.

4. **Trilobus gracilis** Bastian.

Abondant aussi dans le charnier du fond du lac ; (déterminé par Ed. Bugnion).

— **Nématoïdes, parasites des poissons** [2]. Godefroi Lunel de Genève a constaté dans les poissons du lac les espèces suivantes. Je renvoie au travail original pour l'indication des espèces de poissons qui présentent ces divers parasites *(Mat. XLVIII)* :

---

[1] Ce ver avait été rapporté par nous, dans nos premières études au genre Lumbriculus, d'après la détermination provisoire de G. du Plessis. On trouvera des traces de cette première désignation dans quelques-unes de mes anciennes listes d'espèces, et, si je ne fais erreur, aussi dans celle d'Asper.

[2] Voir encore le récent travail du Dr. Fritz Zschokke (CLI) sur les parasites des Poissons du Léman. Il énumère 11 Cestodes, 11 Trématodes, 3 Acanthocéphales, 9 Nématodes.

Filaria ovata Zed. **Cucullanus elegans** Zed. **C. salarias** Gœz. **C. globulosus** Zed. **Ascaris percae** Gœz. **A. gobionis** Gœz. **A. capsularia** Rud. **A. acus** Bloch. **Echinorhynchus percae** Pall. **E. clavaeceps. E. nodulosus** Schr. **E. globulosus** Rud. **E. tuberosus** Zed. **E. angustatus** Rud.

4. Cestoïdes.

Ligula simplicissima Rud.

Ce Cestoïde, parasite des Cyprins du lac, se rencontre rarement à l'état de liberté dans l'eau ; j'en ai cependant trouvé une quinzaine d'exemplaires, provenant surtout de la région profonde, mais aussi de la région littorale. Je les ai soumis à l'examen du professeur Lortet et du Dr. Duchamp de Lyon, auteurs d'études spéciales sur ce groupe de vers; ils ont reconnu l'identité entre la forme libre et le parasite.

— **Cestoïdes parasites des poissons.** D'après les études de G. Lunel *(Mat. XLVIII).* **Caryophyllaeus piscium** Gœze. **C. mutabilis** Rud. **Ligula simplissima** Rud. Cette espèce que nous venons de voir à l'état libre, a été trouvée par Lunel dans le corps de la Perche, la Carpe, la Tanche, le Goujon, l'Ablette, le Rotengle, le Vengeron, le Chevaine, la Loche. **Triaenophorus nodulosus** Rud. **Taenia nodulosus** Gœze. **T. rugosa** Gm. **T. longicollis** Rud.

5. Trématodes.

Trématodes parasites des poissons. D'après les notes de G. Lunel *(Mat. XLVIII).* **Distomum truncatum** Rud. **D. globiporum** Rud. **D. laureatum** Zed. **D. appendiculatum** Rud. **D. lucii** Rud. **D. tereticolle** Rud.

6. Turbellariés.

Les Turbellariés de la région profonde sont nombreux et variés. Ils ont été étudiés avec soin par le professeur G. du Plessis d'Orbe, qui a consacré à leur description une série d'études *(Mat. XVI, XXXIV, XXXVII, XXXVIII, XLV,* cxi*).* Le prof. L. von Graff, alors à Munich, actuellement à Achaffenbourg, nous a donné une étude spéciale sur l'une des espèces les plus importantes *(Mat. XXXVI)* et on trouve de nombreuses citations qui se rapportent à eux dans sa grande Monographie des Turbellariés (cxii).

Voici les espèces jusqu'à présent constatées dans la région profonde du Léman [1].

1. **Macrostoma hystrix** Oe.

Du Plessis *(Mat. XLV* 448.*)*

Draguée par Du Plessis devant Ouchy par 45 m. de fond; la variété qu'il a trouvée est remarquable par la transparence du corps.

---

[1] Toutes les comparaisons sur la taille, la pigmentation, et la couleur relatives de ces Turbellariés sont empruntées aux notes et publications de Du Plessis.

2. **Microstoma lineare** Oc.

Du Plessis *(Mat. XXXIV*, 263. CXI, pag. 237.

Dragué devant Morges entre 30 et 60 m. A cette profondeur il présente une taille notablement supérieure à celle de la forme littorale ; son intestin prend une couleur rosée, d'un rose pâle.

3. **Prorhynchus stagnalis** M. Sch.

Du Plessis CXI, p. 238.

Dans le produit de draguages devant Morges de 30 à 60 m. De petite taille comparé aux individus pêchés au bord du lac.

4. **Otomesostoma Morgiense** L. Graff. — G. du Plessis.

Mesostomum Morgiense G. du Pl. *Mat. XXXVIII.*

Otomesostoma. L. Graff. CXII, pag. 284.

Ce joli Turbellarié, que nous trouvons très fréquemment aussi bien sur les Charas du mont que dans la région profonde, a été décrit par G. du Plessis sous le nom de Mesostomum Morgiense. Graff en fait le genre Otomesostoma qu'il caractérise ainsi :

« Eumésostominé (sous famille des Mésostomidés) avec un otolithe et un œil simple voisin de l'otolithe. Les sécrétions de la glande mâle sont évacuées par un organe de copulation. »

La seule espèce du genre, Otomesostoma Morgiense Du Plessis, « longueur de 1 à 2 m/m. sur ½ à 1 m/m. de largeur, Couleur fauve à tache médiane roussâtre. »

Cette espèce est très fréquente dans la région profonde. Je l'ai retrouvée dans la région littorale du Léman en une variété notablement plus grande et plus colorée que celle des profondeurs [1].

5. **Mesostoma productum** Leuck.

Schizostomum productum O. Schm. Du Plessis *(Mat. XXXIV*, 263).

Indiqué par Du Plessis dans le produit de draguages profonds devant Morges entre 30 et 60 m.

6. **Mesostoma lingua** O. Schm.

Du Plessis *Mat. XXXIV*, pag. 263. loc. cit. p. 237.

---

[1] D'après une communication personnelle du Dr. O. Zacharias de Hirschberg en Silésie, ce naturaliste a retrouvé pendant l'été de 1884 le Turbellarié décrit ici sous le nom d'Otomesostoma Morgiense, dans la région littorale d'un petit lac de montagne en Silésie, à une altitude de 1068 m. L'étude qu'il en a faite l'engage à le placer dans le genre Monotus, genre de Turbellariés marins qui dans la classification de Graff fait partie de la famille des Monotides, dans la tribu des Alloïocèles. (CLII, CLIII). M. du Plessis confirme cette nouvelle détermination en l'appuyant de nouvelles études anatomiques, et appelle dorénavant ce Turbellarié Monotus Morgiensis Dupl. (CLVI).

Dragué entre 30 et 60 m. devant Morges. Les individus venant du fond sont plus gros et plus transparents que ceux du rivage.

7. **Mesostoma Ehrenbergii** O. Schm.

Du Plessis *Mat. XXXIV*, 263. CXI, p. 236.

Dans les draguages profonds devant Morges, les exemplaires sont plus petits que ceux du rivage. Le sac digestif de la variété profonde prend une couleur orangée, et les points oculaires de noirs deviennent rouges.

8. **Mesostoma pusillum** O. Schm.

Du Plessis CXI, p. 237.

Dragué devant Morges; les individus de la région profonde ne diffèrent pas de ceux du littoral.

9. **Mesostoma rostratum** Ehrb.

M. montanum L. Graff. Du Plessis *Mat. XLV*, p. 448.

Dragué devant Ouchy à 45 m., par G. du Plessis. Les exemplaires profonds sont plus petits que ceux du rivage, presque invisibles à l'œil nu. Ils ont deux points oculaires triangulaires, de couleur rouge ; le corps est presque incolore.

10. **Mesostoma viridatum** M. Sch.

Typhloplana viridis O. Schm. Du Plessis CXI, 256.

Les individus dragués dans la profondeur sont plus grands, mais moins colorés que ceux du littoral.

11. **Mesostoma sulfureum** De Man.

Typhloplana sulfurea O. Schm. Du Plessis CXI, p. 236.

Comme le précédent pour la taille et la transparence.

12. **Mesostomum trunculum** O. Schm.

M. banaticum L. Graff. Du Plessis *Mat. XLV*, p. 448.

Trouvé par Du Plessis dans ses draguages d'Ouchy, par 45 m. de fond. Semblable à la forme classique.

13. **Gyrator hermaphroditus** Ehrb.

Prostomum lineare Oerst. Du Plessis *Mat. XXXIV*, pag. 263. CXI, p. 237.

Ici encore les individus que Du Plessis a étudiés, provenant des profondeurs de 20 à 60 m. devant Morges, étaient plus grands et plus transparents que ceux du littoral. Leur sac digestif est rose, leurs points oculaires, souvent pâles ou avortés, sont rouges au lieu d'être noirs.

14. **Gyrator coecus** L. Graff.

Prostomum . . . Du Plessis *Mat. XXXIV*, pag. 263. L. Graff CXII, p. 335.

Cette espèce nouvelle ne diffère du G. hermaphroditus que par l'absence d'yeux. Du Plessis l'a signalée dans nos draguages de Morges. Graff l'a retrouvée dans une col-

lection de Turbellariés, dragués à 50m. devant Morges, que je lui ai envoyée à Munich. Graff regarde cette espèce comme une variété du G. hermaphroditus, modifiée par l'habitat dans le milieu obscur.

15. **Vortex intermedius** G. du Plessis.

Du Plessis *Mat. XLV*, pag. 449.

Cette espèce est voisine du V. truncatus; mais elle en diffère par sa taille qui est plus grande, du quart et même du tiers en sus; par sa forme, il a le front bombé et non tronqué; par sa couleur, dont le fond est nuance café au lait; sous le pigment des cellules de l'épiderme on voit des marbrures étoilées noires. Vésicule séminale bifurquée. Zoospermes singuliers, tête en forme d'un long manche de fouet en zigzag munie d'un long cil vibratile.

Draguée par Du Plessis devant Ouchy par 43 m. de fond.

16. **Plagiostoma Lemani** G. du Plessis.

Vortex Lemani G. du Plessis *Mat. XVI* et *XXXVII.*

Planaria Lemani L. Graff *Mat. XXXVI.*

Plagiostoma Lemani L. Graff CXII, 396.

Cette espèce, décrite pour la première fois par G. du Plessis comme appartenant au genre Vortex, puis transportée par Graff dans les Planariens, a enfin trouvé sa place; Graff l'a logée dans la tribu des Alloïocèles, qu'il a créée pour les Rhabdocèles dont le canal intestinal est séparé du parenchyme, mais dont la cavité du corps est fortement réduite par le grand développement de ce parenchyme. C'est dans le genre Plagiostoma d'O. Schmidt que Graff a fait entrer notre beau Turbellarié du Léman. Le genre Plagiostoma est ainsi caractérisé par M. Graff : « Plagiostominés sans tentacules à l'extrémité antérieure du corps, laquelle est arrondie en pointe mousse ». Il renferme essentiellement des espèces marines. Le Plagiostome du Léman, seule espèce jusqu'à présent connue dans l'eau douce, est un ver, de 7 m/m. de long, de 2 m/m. de diamètre, cylindrique ovoïde allongé, le dos bombé, d'un blanc laiteux, marbré sur le dos d'un réseau anastomosé et ramifié de lignes noires ; deux points oculaires noirs. *(Fig. 9,* d'après un dessin de G. du Plessis.)

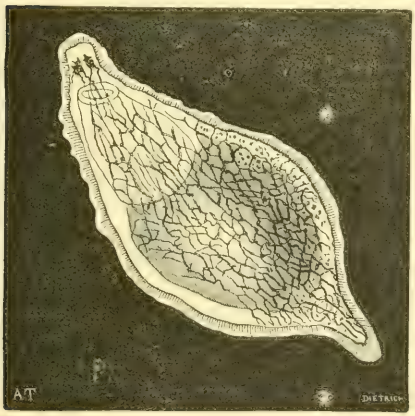


Fig. 9.

Ce Turbellarié est abondant dans la région profonde du Léman; nous n'y faisons pas un draguage sans en rapporter plusieurs exemplaires. Mais il n'est pas spécial à cette région; nous l'avons retrouvé dans la région littorale où il est cependant plus rare. Puis il a été pêché dans d'autres lacs, comme nous le verrons plus loin.

17. **Dendrocoelum lacteum** Oerst.

Du Plessis *Mat. XXXIV.* CXI pag. 235.

Cette espèce descend des bords dans le fond du lac, où elle est assez fréquente; elle y est toujours très petite, quelquefois n'ayant que la moitié, le tiers ou le quart de la grandeur des individus littoraux; elle est aussi plus transparente; son canal digestif est d'un rose orangé. Les points oculaires sont toujours petits; ils manquent même parfois entièrement.

18. **Dendrocoelum fuscum** Stimpson.

Du Plessis *Mat. XXXIV*, pag. 263. CXI, pag. 235.

Cette espèce descend aussi dans la région profonde sous la forme d'une variété plus claire que la variété littorale.

— En résumé nous connaissons 18 Turbellariés dans la région profonde du Léman; parmi eux, sont quatre espèces nouvelles. Presque tous ont leurs analogues dans la région littorale, mais ils en diffèrent souvent par la taille, la couleur, la transparence et presque tous pourraient être décrits comme variétés de la région profonde. Cinq espèces n'ont pas encore été trouvées par G. du Plessis dans la région littorale du Léman. Macrostoma hystrix, Mesostoma productum, M. Trunculum sont des espèces classiques déjà connues ailleurs qui se retrouveront un jour dans nos eaux superficielles. Vortex intermedius est voisin du Vortex truncatus, espèce aussi classique. Gyrator coccus est une adaptation au milieu profond du G. hermaphroditus.

7. Bryozoaires.

Fredericella Duplessis F. A. Forel.

Dans la vase de la région profonde on trouve en nombre considérable les polypiers, morts ou vivants, d'un joli Bryozoaire appartenant au genre Frédericelle. M. G. du Plessis a fait une étude attentive de l'animal qui ne diffère en rien de la Fredericella sultana Van Beneden; il estime qu'il n'y pas lieu d'en faire une espèce distincte. Je diffère d'avis sur ce point, et je crois que les caractères du polypier sont assez spécifiques pour mériter d'élever au rang d'espèce la variété du fond du lac. Tandis que la Frédericelle sultane, que nous voyons en grande abondance, sur et sous les pierres de la beine ou sur les rameaux des plantes littorales, est toujours adhérente, et fixée par de nombreuses insertions sur les corps solides, la Frédericelle de la région profonde est toujours libre dans la vase où elle enfonce le pied de son polypier, comme une Pennatule y enfonce son axe; les bras porteurs des capsules sortent seuls du limon. Cette adaptation à un milieu, où les corps solides ne sont qu'accidentels, est poussée si loin que l'animal ne sait plus profiter

des corps durs qui se trouvent fortuitement à sa portée ; je n'ai jamais vu une de ces Frédericelles fixée sur les cailloux, sur les bois ou sur les scories de coke, que j'ai dragués dans les profondeurs du lac.

Le polypier de la Frédericelle sultane a ses capsules distribuées régulièrement, alternativement rejetées de chaque côté, comme les folioles d'une feuille pennatiséquée ; celui de la Frédericelle des profondeurs est irrégulier, et ses rameaux sont lancés dans une direction quelconque, sans trace de plan dans leur ordonnance. Le nombre des capsules de la Sultane est souvent considérable, 5, 10, 15 ou 20, celui de la Frédericelle des grands fonds du Léman est toujours limité à un chiffre très inférieur 4, 6, ou 8 au plus (Fig. 10, gross. 1.5).

Fig. 10.

Le polypier de la forme profonde étant libre dans la vase, l'animal sait ramper et se déplacer ; lorsque j'ai versé dans un baquet le produit d'un draguage, je vois, au bout de quelques heures ou de quelques jours, sortir les Frédericelles, lesquelles ont su ramper hors de la vase qui les écrasait, pour venir développer leur tentacules dans l'eau pure.

Tous ces caractères sont assez spécifiques, pour que je n'hésite pas à y voir une bonne espèce, et je crois devoir lui donner un nom : Je suis heureux de la dédier à mon ami et collègue M. le Dr. Du Plessis, professeur à l'Académie de Lausanne, en témoignage de ma reconnaissance pour la part active et dévouée qu'il a prise à l'étude de la faune du lac Léman.

Notre Fredericella Duplessis est du reste, probablement, une modification locale de la Fredericella sultana du littoral.

Cette espèce est comme nous le verrons, très répandue dans la région profonde de presque tous les lacs. Elle s'y présente en variétés souvent fort divergentes. Tandis que le polypier de la variété du Léman est aussi petit et aussi simple que possible, il se complique beaucoup dans les variétés des lacs d'Annecy et des IV-Cantons, et atteint son maximum de taille et de développement dans le lac de Silvaplana où Asper a pêché un individu portant 72 cupules (xxxi).

8. Rotateurs.

1. Floscularia ornata.

Observée par G. Du Plessis sur les Polypiers des Frédericelles. La gaine et les tissus diffèrent de ceux de la forme littorale, par l'absence de couleur et leur transparence.

2. Bracchion . . . .

A la surface du limon nous trouvons assez fréquemment des Rotateurs du genre Bracchion ; ils n'ont pas été autrement étudiés.

V. COELENTÉRÉS.

Hydroïdes.

Hydra rubra Lewes.

Une jolie variété de l'Hydre rouge de la région littorale descend dans la région profonde, où elle est parfois très fréquente. Elle se distingue de l'espèce littorale par sa petite taille et par sa couleur d'un rose pâle.

VI. PROTOZOAIRES.

Nous ne trouvons dans nos draguages qu'un très petit nombre de Protozoaires. Cela provient-il de notre méthode qui laisserait échapper trop facilement ces petits êtres très mobiles; ou bien leur fréquence est-elle réellement moindre dans les eaux profondes que dans les eaux superficielles ?

Quoiqu'il en soit voici les seuls Protozoaires que j'aie à noter, la plupart d'après les observations de MM. G. Du Plessis (*Mat. XLVI et XLVII*) et H. Blanc, quelques-uns d'après les miennes.

1. Infusoires.

1. **Spirostomum ambiguum** (*Mat. XLVI*).

Trouvé assez fréquemment dans les draguages de M. du Plessis devant Ouchy, par 45 m. de fond. Il ne diffère en rien de la forme littorale.

2. **Stentor coeruleus** (*Mat. XLVI*).
3. **Stentor polymorphus** (*Mat. XLVI*).
4. **Stentor Roeselii** (*Mat. XLVI*).

Ces trois espèces proviennent de nos draguages devant Morges entre 30 et 60 m. de fond.

5. **Zoothamnium arbuscula.**

J'ai trouvé cette espèce dans le produit d'un draguage, fait à 50 m. devant Morges, que j'avais versé dans un aquarium ; je suis cependant obligé à son sujet à certaines réserves, en ce qu'il serait possible qu'il provînt de l'eau de la région littorale, dans laquelle j'avais fait baigner le limon des grands fonds.

6. **Vorticella convallaria.**
7. **Epistylis . . .** (*Mat. X*).
8. **Opercularia . . .** (*Mat. X*).
9. **Acineta . . .** (*Mat. X*).

Ces Vorticelliens sont fréquents sur les coquilles de Mollusques et la carapace des Crustacés et des Hydrachnides ; ils n'ont pas été autrement déterminés.

2. Rhizopodes.

G. du Plessis avait signalé dans la région profonde du Léman trois Rhizopodes : Amoeba princeps, A. terricola et Difflugia proteiformis. Le professeur H. Blanc de Lausanne a repris dans le printemps de 1884 l'étude des Protistes de ce groupe, d'après les draguages faits par 40 m. de fond devant Ouchy. Voici la liste qu'il en donne (CXXXIX) :

1. **Amoeba proteus** Leidy. (A. princeps Du Plessis *Mat. XLVII*) très commune.
2. **Amoeba verrucosa** Ehr. (A. verrucosa Du Plessis ibid.) fréquente.
3. **Amoeba radiosa** Ehr. ; rare.
4. **Difflugia piriformis** Perty ; fréquente.
5. **Difflugia urceolata** Carter ; rare.
6. **Difflugia globulosa** Dujardin (D. proteiformis. Du Plessis ibid.)
7. **Difflugia acuminata** Ehr.
8. **Hyalosphemia cuneata** Stein ; très rare.
9. **Arcella vulgaris** Ehr. ; assez fréquente.
10. **Centropyxis aculeata** Stein ; assez fréquente.
11. **Pamphagus hyalinus** Leidy ; très rare.
12. **Actinophrys sol** Ehr. ; très fréquente.

La très grande aire d'extention de ces Protistes est intéressante. Toutes ces espèces ont été figurées par Leidy comme trouvées dans les eaux douces de l'Amérique du Nord, et Blanc ne peut signaler aucune différence entre la description qu'en donne l'auteur américain, et les formes pêchées dans le Léman.

Nous trouvons en nombre immense dans la vase du lac devant Morges la coquille sphérique d'une Difflugie de grande taille 0.4 m/m. de diamètre. D'après A. Gruber de Fribourg en Brisgau ce serait une espèce nouvelle (IV). Ni Du Plessis, ni Blanc, ni moi-même n'avons réussi à voir l'animal vivant.

3. Cilio-Flagellés [1].

Anisonema grande Stein.

---

[1] Je devrais peut-être ajouter ici le Ceratium hirundinella O. F. M. Le Dr. H. Blanc a en effet trouvé, pour la première fois dans le Léman, ce Cilio-flagellé fixé sur l'une de ces plaques de verre qui avaient reposé sur le sol à 60 m. de profondeur, devant Ouchy. Mais comme d'une part il n'a pas revu ce Protiste dans ses études ultérieures sur la région profonde, comme d'autre part c'est un membre incontestable de la faune pélagique (CXLII), et comme il est possible qu'il ait été accroché par l'appareil quand celui-ci était ramené à la surface, d'accord avec mon collègue Blanc, je laisse pour le moment ce Ceratium, et j'attendrai de nouvelles constatations pour le faire entrer définitivement dans ma liste de la faune profonde.

Assez fréquent dans le sable dragué par M. H. Blanc devant Ouchy sur les talus du Mont par 70 m. de profondeur.

— Si j'additionne toutes les espèces animales qui ont été constatées dans la région profonde du Léman, j'en trouve 123 espèces (1). Mais toutes n'appartiennent pas à la faune profonde.

Je commence par retrancher les parasites des poissons à savoir :

14 espèces de Nématoïdes.
6 » » Cestoïdes.
6 » » Trématodes.
1 » » Siphonostome (Argulus foliaceus).

soit 27 espèces parasites des poissons. Ce sont des animaux parasites, appartenant à cette faune spéciale des animaux liés et fixés à une autre espèce animale. Ils se rencontrent bien dans la région profonde, mais il n'y sont qu'accidentellement. Je ne les compte pas dans la faune profonde (2).

Je retranche ensuite l'Atax crassipes qui appartient probablement à la faune littorale ou à la faune pélagique.

Je retranche la Sida crystallina qui a tous les caractères des animaux pélagiques. Je retranche enfin le Gordius aquaticus qui vit à l'état parasite dans le corps de certains insectes terrestres, qui est déposé par ceux-ci dans les ruisseaux et fontaines de la terre ferme et qui n'a été trouvé que tout-à-fait accidentellement dans le lac.

Je retranche donc 30 espèces, et il en reste appartenant à la faune profonde du Léman, 94 espèces libres (dont 7 ne sont déterminées que génériquement).

Elles se répartissent ainsi :

Vertébrés	14	Poissons	14	*Mollusques*	6	Gastéropodes	4
Arthropodes	27	Insectes	3			Lamellibranches	2
		Arachnides	9	*Vers*	29	Annélides	4
		Crustacés	16			Nématoïdes	3
Coelenterés	1	Hydroïdes	1			Cestoïdes	1
Protozoaires	22	Infusoires	9			Turbellariés	18
		Rhizopodes	13			Bryozoaires	1
		Cilio-flagellés	1			Rotateurs	2

(1) Dans un mémoire récent (CXLIX) le Dr. O. E. Imhof annonce avoir pêché dans la région profonde du Léman par 100 à 270 m. d'eau les espèces suivantes, dont sept sont à ajouter à notre catalogue: *Rotateurs*, Notommata tigris; *Infusoires*, Podophrya cyclopum; *Héliozoaires*, Actinosphaerium Eichhornii, Acanthocystis spinifera, A. turfacea, Rhaphidiophrys pallida; *Rhizopodes*, Amoeba radiosa, Difflugia piriformis, Centrophyxis aculeata, Cyphoderia ampulla, Quadrula symmetrica.

(2) Je compte cependant comme appartenant à la faune profonde une espèce parasite, la Piscicola geometra; car elle se rencontre très fréquemment à l'état de liberté dans le produit des draguages profonds; il m'en a passé peut-être une centaine d'exemplaires entre les mains.

De ces 101 espèces, 22 sont nouvelles et ont été découvertes par nos études de la faune profonde du lac Léman. En fait de genres nouveaux décrits à l'occasion de nos études je n'ai à citer que les genres :

Pachygaster de Lebert, parmi les Hydrachnides.
Acanthopus de Vernet, » » Ostracodes.
Bythonomus de Grube, » » Chétopodes.
Otomesostoma de Graff(1), » » Turbellariés.

§ VII. La faune profonde des autres lacs Subalpins.

Le lac Léman est le seul lac que j'ai étudié avec attention et sur lequel je possède des données personnelles un peu étendues; pour les autres lacs les études sont beaucoup plus fragmentaires. Cependant en nous basant sur ce que nous savons de la faune profonde du lac Léman pour déterminer les traits généraux de la société animale qui vit dans les fonds d'un lac, si nous y joignons les quelques faits récoltés par Asper, et par moi-même, nous pourrons peut-être tirer quelques déductions générales importantes. Les seules recherches faites à ma connaissance dans les lacs Subalpins de notre région, sont les miennes en 1873 *(Mat. XXII)* et 1883, puis celles d'Asper en 1879 (XXXI), celles enfin d'Imhof en 1883 (LI).

I. Lac du Bourget.

J'y ai fait quelques draguages le 22 septembre 1883 (LVII, LVIII).

Entre 30 et 50 m. de fond devant le Grand-Port d'Aix, j'ai trouvé la faune ordinaire; je ne citerai que deux espèces, le Plagiostoma Lemani, comme station nouvelle de ce beau Turbellarié, le Gammarus pulex qui descend ainsi dans la région profonde de ce lac.

Devant le château de Bordeaux par 110 et 115 m. de fond, dans une vase gris jaunâtre, légère, j'ai constaté :

Un Hydrachnide (2) Hygrobates longipalpis Kœn.

Pisidium prolungatum S. Clessin, la même espèce que dans les lacs des IV-Cantons, de Walenstadt et de Neuchâtel (3).

---

(1) Voir la note rectificative de la page 125.

(2) Les Hydrachnides pêchés par moi dans les lacs du Bourget, d'Annecy, de Zurich et des IV-Cantons en 1883, ont été déterminés par le Dr. G. Haller à Zurich.

(3) Les Mollusques que j'ai pêchés en 1883 dans les lacs du Bourget, d'Annecy, de Neuchâtel, de Bienne, de Zurich et des IV-Cantons ont été déterminés par S. Clessin à Ochsenfurt.

Un beau Chétopode [3], Tubifex ou Bythonomus. Saenuris velutina Ed. Grube. Une Planaire de petite taille. Plagiostoma Lemani.

En somme faune profonde peu abondante.

Le Dr. O. E. Imhof répéta ces draguages le 5 octobre de la même année (LI); il constata en outre des animaux que je viens d'indiquer: Asellus Forelii H. Blanc, couvert de Vorticelles; une Cypris transparente. Puis en fait de Protozoaires: une Cothurnia avec coquille cyathiforme non pédonculée, un Rhizopode de la famille des Euglyphina Bütschli, une Cyphoderia margaritacea (?) Schlumbg.

II. Lac d'Annecy.

J'y ai pratiqué quelques draguages zoologiques devant Veyrier, le 23 septembre 1883, par 55 m. de fond (LVII, LVIII).

Larves de Corethra plumicornis; larves nymphes et œufs de Chironomides.

Un Hydrachnide, Hygrobates longipalpis Kœnike, peu fréquent.

Gammarus pulex. Asellus Forelii beaucoup plus coloré que ceux du Léman ou du lac des IV-Cantons.

Une Limnée, Limnaea Forelii (?) S. Clessin. Un Pisidium miliolum S. Clessin, la même forme qu'Asper a draguée dans le lac de Côme.

Un Tubifex. — Saenuris velutina (rare). Plagiostoma Lemani. Mermis aquatilis.

Fredericella Duplessis en variété de grande taille, très colorée, avec un polypier brun, corné. Hydra rubra.

En somme faune abondante et variée, elle se distingue de celle des autres lacs par une pigmentation plus foncée, très bien marquée, en particulier, chez les Asellus et Frédericelles.

L'absence du Niphargus puteanus est devenue intéressante depuis que j'ai trouvé cette espèce, très abondante, dans l'eau du puits de l'Hôtel d'Angleterre à Annecy. Elle existe donc dans les eaux souterraines de la contrée, mais elle semble manquer dans la région profonde du lac.

Les draguages du Dr. Imhof exécutés le 6 octobre lui ont donné, en plus de mes trouvailles (LI):

Sur une colonie de Frédericelles un Rotateur, Floscularia proboscidea Ehr., et quatre espèces de Protozoaires à savoir: Stentor coeruleus Ehr., deux Vorticelles, et l'Epi-

---

[3] La distinction entre Tubifex rivulorum et Bythonomus Lemani, et peut-être d'autres espèces de Chétopodes de ce type, n'est pas possible sans l'étude microscopique qui n'a pas été faite par moi en dehors de mes pêches du lac Léman. Le Saenuris velutina seul est très reconnaissable à première vue.

stylis (opercularia) nutans Ehr. Puis Carchesium polypinum Ehr., un Amoeba et la même Cyphoderia que dans le lac du Bourget.

En fait de Crustacés, Simocephalus vetulus O. F. M., Lynceus affinis Leyd., une Cypris et un Canthocamptus.

III. Lac de Neuchâtel.

En août 1873 j'ai fait quelques draguages devant la ville de Neuchâtel, par 30 et 50 m. de fond *(Mat. XXII)*; en octobre 1883 mes draguages ont été faits par 25—55 et 100 m. J'y ai trouvé :

Larves de Chironomides ; Hydrachnides.

Niphargus puteanus. Lynceus... Candona... en grand nombre.

Tubifex... Saenuris velutina. Mermis aquatilis. Une Anguillule, Ligula... Plagiostoma Lemani. Mesostoma... Planaria... Fredericella de petite taille.

Pisidium occupatum et prolungatum S. Clessin.

Difflugia...

Après moi Ph. de Rougement a fait quelques draguages dans ce lac (LXXXIII); mais ils ne semblent pas lui avoir donné grands résultats. Il cite bien le Gammaride aveugle qu'il a retrouvé dans la région profonde du lac, mais il en donne à peine la description, dans l'étude qu'il a consacrée à l'espèce. D'après les récits que Rougemont m'a faits de ses essais, il a échoué dans ses draguages, par le fait de l'emploi de dragues trop lourdes, construites sur le modèle des dragues marines, et dont le maniement n'est pas pratique sur les petits bateaux de nos lacs.

IV. Lac de Bienne.

J'y ai fait une série de draguages, le 12 octobre 1883 jusqu'à 40 m., la plus grande profondeur du bras qui s'étend devant la Neuveville. J'y ai constaté:

Des larves de Chironomides. Un Hydrachnide. Un Cyclops... Une Candona... Un Tubifex... Plagiostoma Lemani. Un Mésostome. Une Planaire. Une Fredericella. Pisidium Novaevillae S. Clessin, espèce nouvelle, inédite. J'y signale l'absence de la Saenuris velutina, si généralement répandue dans la région profonde de tous les lacs.

V. Lac des IV-Cantons.

La faune profonde de ce lac a été étudiée en 1879 par le Dr. G. Asper de Zurich par des draguages faits près de Stanzstad, 50—80 m., et près de Beggenried, 200 m. de fond. Les animaux qu'il y a trouvés sont les suivants (XXXI) :

Larves de Diptères, les unes rouges, les autres jaunes.

Hydrachnides, Pachygaster tau insignitus H. Leb.

Crustacés. Niphargus Forelii A. Humbert. Asellus Forelii H. Blanc. Cette espèce, rare dans le Léman, est trés fréquente dans ce lac ; Asper en a compté 70 exem-

plaires dans un seul coup de la drague métallique, près de Stanzstad. Sida cristallina. Cyclops. Cypris.

Mollusques: Limnaeus. Pisidium quadrangulum S. Clessin.

Chétopodes. Nématoide. Fredericella sultana.

J'ai moi-même répété ces draguages devant Stanzstad le 16 août 1883; j'y ai trouvé les mêmes animaux et en plus le Plagiostoma Lemani.

Sur les polypiers de Frédericelle, variété de la Fr. Duplessis F. A. F., des Infusoires appartenant aux genres Vorticelle et Epistylis.

Parmi les Hydrachnides que j'ai trouvés dans ma drague, le Dr. Haller de Zurich a constaté Hygrobates longipalpis et Pachygaster tau insignitus var *a.* fuscus. Parmi mes Pisidies, Clessin a déterminé, outre P. quadrangulum, une autre espèce, P. prolungatum, la même que nous avons vue dans les lacs du Bourget, de Walenstadt et de Neuchâtel.

J'ai parlé plus haut de l'Algue chlorophyllée du groupe des Spirogyrées que j'ai trouvée dans un draguage à 75 m., sans que je veuille lui attribuer l'habitat normal dans ces profondeurs.

VI. Lac de Zoug.

Exploré en 1879 par Asper (XXXI), en compagnie de M. Suter-Næf (XCIII). Par une profondeur de 200 m. entre Walchwyl et Immensée, ces naturalistes ont trouvé:

Nombreuses larves d'Insectes, Chironomus, Tanypus.

Hydrachnides. Pachygaster tau insignitus. Cypris.

Pisidium Asperi S. Cl. Pis. sp. nov. (CXIII).

Chétopodes. Mermis aquatilis. Plagiostoma Lemani, divers Turbellariés.

VII. Lac de Walenstadt.

J'y ai fait un draguage en 1876 par 136 m. de fond. Asper en a fait d'autres, en 1879 (XXXI). En réunissant nos deux listes nous ne trouvons que:

Larves de Diptères, les unes rouges, les autres blanches.

Niphargus Forelii. Cypris.

Limnaea abyssicola Brot. Pisidium prolungatum S. Clessin, remarquable par sa forme allongée.

Chétopodes.

Aussi bien Asper que moi, nous avons été frappé de la pauvreté de la faune profonde de ce lac.

VIII. Lac d'Egeri.

D'après les recherches d'Asper (XXXI), le limon coloré en jaune est très riche en Chétopodes (Lumbriculus), en Pisidies, d'espèce nouvelle d'après Clessin, fortement incrustées d'oxyde de fer, et en larves rouges de Diptères. Peu de Frédericelles, point de Planaires.

IX. Klönsée.

Etudié par Asper (XXXI), ce petit lac alpin lui a fourni une Pisidie en nombre énorme, Pisidium milium var. Asperi Clessin (XCIII), et aussi en très grand nombre des larves de Diptères et d'Ephémères, des Lumbriculus, quelques Mésostomes et quelques rares polypiers de Frédericelles.

X. Lac de Zurich.

J'ai fait près de Zurich quelques sondages en 1873 qui m'ont fait constater l'existence de la faune profonde (*Mat. XXII*). Depuis lors Asper a fait, de son lac, une étude attentive (XXXI, XXXVII, LV). J'ai répété ces draguages en 1883, devant Horgen et devant Wädensweil.

Je vais résumer ici les découvertes d'Asper, en y intercalant les faits que j'ai moi-même constatés.

Larves de Chironomus, Tanypus, Corethra. Paquet d'œufs d'insectes (Horgen).

Hydrachnides: Hygrobates longipalpis. Pachygaster tau insignitus, var. b ruber. Arrhennuroïdea Asperi G. Haller, nov. gen. nov. sp. (déterminés par Haller dans le produit de mes draguages de 1883).

Gammarus pulex, descend jusqu'à 140 m. de fond près d'Oberried, en exemplaires de petite taille, et non colorés, tranparents (glasartig durchsichtig, Asper). L'œil est bien conformé et brillamment pigmenté. A Horgen et à Wädensweil les exemplaires de Gammarus pulex que j'ai pêchés en 1883 m'ont apparu plus pigmentés que je ne m'y attendais d'après la description d'Asper.

A côté de ce Gammarus, Asper a trouvé par 40 m. de fond, devant Wädensweil, le Niphargus Forelii, aveugle comme celui du Léman; les deux espèces étaient ensemble dans le produit du même draguage. J'ai retrouvé le Niphargus aveugle dans la même station, mais à une profondeur plus grande, par 80 m. de fond.

Sida cristallina. Quelques Lyncées, Cyclops et de nombreuses Cypris.

Pour ce qui regarde les Limnées, j'en avais trouvé des coquilles mortes dans le produit d'un draguage, fait en 1873 devant Neumünster, par 28 m. de fond. Mais Asper, qui a étudié le lac à fond, insiste sur l'absence absolue de Limnées dans la région profonde. C'est donc un genre a rayer du catalogue du lac de Zürich. Valvata antiqua, Bythinia tentaculata.

Pisidium urinator (*Mat. XXXV*) S. Cless. P. milium Held (XCIII) P. amnicum.

Chétopodes des genres Lumbriculus et Saenuris; en particulier Saenuris velutina Grube. Cette espèce est extraordinairement fréquente; dans un seul draguage devant Zollikon, Asper en a compté cent exemplaires. Naïs moins nombreuses.

Mermis aquatilis Duj. assez nombreux. J'en avais indiqué en 1873 deux espèces, trompé par la différence de couleur, quelques indivus étant verdâtres, d'autres rosâtres. Depuis lors, l'étude de ce ver dans le Léman nous a appris que ces différences de coloration sont purement accidentelles.

En fait de Cestodes Asper a trouvé assez fréquemment un Caryophyllaeus.

En fait de Turbellariés il cite Plagiostoma Lemani, deux Mésostomes et un Dendrocoelum. D'après mes notes de 1873 un de ces Mésostomes doit être l'Otomesostoma Morgiense Graff, car il présentait une otolithe.

La Fredericella Duplessis est fréquente dans le limon de ce lac.

Enfin je puis citer les Epistylis sur les valves d'une Cypris.

XI et XII. **Lacs de Pfäffikon et de Greifensée.**

Ces deux lacs du pays de Zurich, situés près l'un de l'autre, ont la même faune, d'après les recherches d'Asper (XXXVII). Il y cite des Pisidies, Pis. tritonis Cless. dans le Greifensée, Pis. imbutum Cless. (XCIII) dans le lac de Pfäffikon, des larves de Diptères, une grosse Limnée, de petits Cyclopides et des Cypris, de petits Lumbriculus différents de ceux du lac de Zurich et un assez grand nombre de Caryophyllaeus, Cestodes vivant librement dans le limon.

XIII. **Lac de Constance.**

J'y ai fait en 1873 deux draguages à 25 et 50 m. de fond (*Mat. XXII*) ; mais comme je n'ai pu en étudier les produits que le jour suivant à Morges, après un long voyage en chemin de fer par une température très élevée, la plupart des animaux étaient morts et les résultats ont été peu fructueux. J'y ai trouvé:

Hygrobates longipalpis; cet Hydrachnide a été déterminé par G. Haller sur des individus qui lui avaient été envoyés par le Dr. Hofmann (LXXI). Piscicola geometra. Valvata contorta. Pisidium. Fredericella.

En 1857, dans ses recherches sur le Coregonus acronius, C. Th. de Siebold a recueilli par une profondeur de 70 m. quelques exemplaires vivants de L. auricularia (CXIII).

La faune profonde de ce grand et beau lac mériterait d'être étudier plus complétement.

XIV. **Lac de Zell. Untersée. Lac de Constance inférieur.**

Mes draguages de 1873 (*Mat. XXII*) par 20 m. au point le plus profond de la partie de ce petit lac qui s'étend devant Ermatingen, n'ont pas atteint les limites de la région

profonde [1]. Cependant la distance du rivage et l'absence de végétation m'empêchent de considérer la station où j'ai opéré comme rentrant dans la région littorale. Je tiens du reste à mentionner ici ces draguages, car ils m'ont donné deux espèces intéressantes à titres divers, le Saenuris velutina que je ne connais pas encore dans la région littorale proprement dite, et le Pisidium Foreli qui se trouve aussi dans la région profonde du Léman. Les animaux que j'ai pêchés dans le milieu du lac de Zell sont:

Larves d'Insectes. Gammarus pulex. Lyncée Cyclops. Limnée. Sphaerium (jeune). Pisidium amnicum (jeune). P. Foreli S. Cless. en plusieurs exemplaires. P. demersum S. Cl. Saenuris velutina. Fredericella.

XV. Lac de Sils.

Ce lac de l'Engadine, le plus élevé de ceux qui ont jusqu'à présent été étudiés au point de vue qui nous occupe, a été dragué par Asper (XXXI).

Dans la région profonde il cite: Des Lumbriculus, des Frédericelles et des Pisidies, Pis. urinator, ces trois espèces très abondantes; il note l'absence d'Hydrachnides, de Planaires, de Mermis, d'Ostracodes etc.

XVI. Lac de Silvaplana.

La région profonde montre la même richesse que le lac de Sils en Chétopodes, en Pisidies: Pis. fragillimum Cl. et en Fredericella.

Ces derniers atteignent un développement extraordinaire, soit en abondance, soit en taille; Asper en figure des polypiers très brillamment ramifiés d'une longueur et d'une épaisseur tout-à-fait remarquables; ces polypiers atteignent une longueur de 6 à 9 centimètres. Ces polypiers sont fréquemment chargés d'Epistylis (XXXI).

XVII. Lac Majeur.

Etudié en 1879 par Asper (XXXI) qui a fait des draguages par 300 m. entre S. Bartolomeö et Tronzano et par 70—100 m. entre Locarno et Vira. Il y a trouvé:

Larves de Diptères, de couleur jaune, avec de longs tubes vaseux. Cypris.

Pisidium italicum S. Cl. P. italicum. var. Locarnense S. Cl.

Chétopodes en très grande abondance spécialement des Lumbriculus (?) en nombre inouï. Planaires aveugles. Un Mésostome de grande taille. Oeufs sphériques, opaques.

---

[1] Depuis lors les sondages faits par l'ingénieur Manuel nous ont appris que la partie inférieure du lac, du côté de Steckborn, est la plus profonde, et atteint 45 et 50 m.

XVIII. **Lac de Lugano.**

Un draguage fait par Asper (xxxi) entre Lugano et le Mont-Caprino n'apporta pas traces d'organismes; le sol était d'apparence gneissique, rempli de lamelles de mica.

Des draguages opérés par le même naturaliste au pied du Monte Salvatore ont donné en revanche beaucoup de Chétopodes, quelques Pisidies, Pisidium italicum S. Cl. et un petit nombre de larves d'Insectes.

XIX. **Lac de Côme.**

Asper a fait des draguages par 100 m. de fond entre Bellagio et la Villa Carlotta; il y a trouvé une riche faune (xxxi).

Niphargus Forelii, de nombreux Cyclopides et Cyprides.

Limnaea abyssicola A. Br. Pisidium miliolum S. Cless.

Des Chétopodes, entr'autres des Lumbriculus en très grand nombre et Saenuris velutina; des Mermis aquatilis, un très grand nombre de petits Nématodes libres.

Des Fredericella et à côté une autre espèce de Bryozoaire, du même port que la Fredericella, mais plus fine et transparente.

Les Protistes de ce lac ont été étudiés avec beaucoup de soin par M. le Dr. G. Cattaneo de Pavie (xlvii). Voici d'après une communication personnelle de cet auteur les espèces qu'il a trouvées dans le limon par 20 à 30 m. de fond (iv):

Amoeba diffluens Ehr. *A. Limax Duj. *Actinosphaerium Eichhornii Ehr. *Paramecium persinicum Perty. Vorticella convallaria Ehr. Oxytricha gibba Ehr. Cyclidium glaucoma Ehr.

Les trois espèces que j'ai marquées d'un astérisque ne se trouvent que dans les plus grands profondeurs étudiées par M. Cattaneo, il ne les a jamais trouvées près du bord.

Dans ses traits généraux nous trouvons partout dans la région profonde la même société de formes animales. Toutes ne sont pas cependant représentées dans chaque lac, pour autant que les recherches actuelles l'ont jusqu'à présent reconnu. Je vais le montrer en donnant en tableau pour les différents lacs [1] les espèces animales de grande taille, dont la présence ne saurait échapper à une étude rapide d'un naturaliste en voyage. (Voir à la page 141.)

[1] Deux lacs suisses n'ont pas encore été, que je le sache, explorés: les lacs de Thoune et de Brienz. Ils se recommandent à l'attention de nos collègues, les naturalistes de Berne.

	Bourget	Annecy	Léman	Neuchâtel	Bienne	IV-Cantons	Zoug	Walenstadt	Egeri	Klönsee	Zurich	Pfäffikon	Greifensée	Constance	Zell	Sils	Silvaplana	Majeur	Lugano	Côme	
Larves de Chironomides	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*			*	*		16
Hygrobates longipalpis	*	*	*			*					*			*							6
Niphargus aveugle			*	*		*		*			*									*	6
Gammarus pulex	*	*	*								*				*						5
Asellus aveugle	*	*	*			*															4
Limnées		*	*					*				*	*	*	*					*	8
Pisidies	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	20
Tubifex et Bythonomus	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*	*	*	*	*	18
Saenuris velutina	*	*	*	*							*				*					*	7
Fredericella Duplessis		*	*	*		*			*	*	*				*	*	*			*	11
Mermis aquatilis		*	*	*		*					*									*	6
Plagiostoma Lemani	*	*	*	*	*	*	*				*										8
	8	11	12	8	4	9	4	5	4	4	10	4	4	3	6	3	3	3	3	7	

Je rappelle que ce tableau n'a qu'une valeur provisoire pour la plupart des lacs, et est tout-à-fait insuffisant pour le lac de Constance.

§ VIII. Débris organiques divers.

Outre les Algues et les animaux vivants que nous avons énumérés dans les chapitres précédents, nous trouvons sur les tamis, où nous lavons le limon de la région profonde du lac, un résidu parfois très abondant ; il est composé de débris organiques ou minéraux de provenances diverses ; j'y signalerai entr'autres, d'après mes recherches dans le lac Léman :

a) Les pierres et le sable transportés accidentellement à la surface du lac, et tombant de là au fond des eaux.

b) Les scories de coke provenant des fournaises des bateaux à vapeur ; elles sont assez nombreuses et caractériseront un jour la couche géologique du XIXe siècle.

c) Les fragments de bois et de feuilles qui, après avoir flotté à la surface, se sont imbibés d'eau et ont sombré au fond du lac. Ils sont en nombre relativement peu considérable dans le Léman. Je les ai trouvés plus nombreux dans d'autres lacs (draguages devant la ville de Neuchâtel, près de Stanzstad, au lac des IV-Cantons, dans le Zellersée). Asper en signale l'abondance dans ses draguages du lac de Zoug.

d) Les graines de Characées, très caractéristiques avec leur forme ovoïde et l'arête spéciale qui se déroule autour du corps. Elles sont parfois très abondantes.

e) Les os et écailles de poissons en très petit nombre (1). Leur rareté est toujours pour moi un sujet d'étonnement; je n'ai jamais trouvé dans ma drague un squelette ou un fragment de squelette de poisson; un ou deux corps de vertébre, quelques écailles, une arête, à cela se réduisent mes pêches de ce genre.

Que deviennent les milliers, les millions de poissons qui meurent chaque année dans le lac? Ceux qui périssent en été, dans la beine ou les eaux superficielles, flottent à la surface de l'eau, et sont, ou bien rejetés à la côte par les vagues, ou bien dévorés par les oiseaux. Mais les poissons qui meurent en hiver, alors qu'ils ont déserté la beine pour émigrer dans les couches moyennes et profondes du lac, que deviennent-ils? La température des eaux est basse, et par conséquent la putréfaction est peu rapide et peu énergique; la pression de la couche de 20, 30 ou 50 m. d'eau qui les recouvre est trop forte pour que les gaz de la putréfaction dilatent beaucoup les corps et ceux-ci ne reviennent pas flotter à la surface (2); et dans le fait, il est très rare de voir en hiver un cadavre de poisson surnageant à la surface du lac. Les poissons qui périssent dans les couches profondes du lac restent donc au fond. Que deviennent ces cadavres? Les petits carnassiers de la faune profonde peuvent bien se charger des parties molles, mais le squelette ne peut être digéré que par de plus puissants estomacs. Y a-t-il des poissons qui se nourrissent de ces charognes? Ou bien plutôt ne sont-ils pas la proie des poissons carnassiers, aussitôt qu'ils tombent malades; ralentis dans leurs allures, ne sont-ils pas mangés par eux avant qu'ils aient eu le temps de mourir de mort naturelle? Ces questions, auxquelles je suis incapable de donner une réponse décisive, s'imposent à moi quand je compare la richesse de la population ichthyologique du lac avec la rareté des cadavres de poissons dans le produit des draguages profonds. Ces faits ne sont du reste pas spéciaux à notre lac (3); sauf quelques gisements exceptionnels, on a remarqué partout la rareté des poissons fossiles dans les couches anciennes de la terre, qu'elles soient d'origine lacustre ou marine (4).

---

(1) Il n'en est pas de même semble-t-il dans tous les lacs. Je lis par exemple dans le rapport de S. W. Garman sur les Poissons et Reptiles pêchés par Agassiz dans le lac Titi-caca: „Les nombreux os et écailles de poissons apportés par la drague des régions profondes du lac appartiennent tous à des adultes" (CXXIV).

(2) C'est là l'explication du fait que les cadavres humains, noyés dans un lac profond, ne reviennent jamais à la surface, quant ils sont descendus à plus de 50 m.

(3) Dans tout le matériel dragué par le Challenger et les autres navires qui ont récemment exploré le fond de l'océan, John Murray et Renard n'ont trouvé que deux vertébres et une omoplate de poisson (CXXXIV).

(4) Voyez au sujet de la rareté des cadavres animaux les réflexions de Nordenskiöld : Voyage de la Véga. Trad. française I. 285. Paris 1883.

f) Les coquilles des Mollusques gastéropodes ou lamellibranches, Limnées, Valvées et Pisidies. Ces fossiles sont aussi en nombre peu considérable dans le limon du fond du Léman ; étant donnée l'abondance relative des Mollusques vivants dans les grands fonds, je suis toujours étonné du petit nombre des coquilles mortes qui les accompagnent ; je ne fais pas erreur en disant que dans le limon du fond du Léman, tel que je l'étudie devant Morges, il y a beaucoup plus de coquilles vivantes que de coquilles mortes. Ce fait peut s'expliquer de deux manières : Ou bien toutes les coquilles sont fossilisées et alors la rareté des fossiles indique une grande rapidité dans l'alluvion ; il est en effet évident que dans chaque couche d'alluvion, correspondant à la durée d'une vie moyenne de Mollusque, il doit y avoir un nombre de coquilles fossiles égal au chiffre de la moyenne de la population malacologique. Si ma drague creuse le limon à 4 c/m. de profondeur et si j'y constate moins de coquilles fossiles que de coquilles vivantes, j'en puis conclure, que la couche d'alluvion, qui se dépose dans la durée moyenne d'une génération de Mollusques, est plus forte que ces quatre centimètres d'épaisseur. — Ou bien, seconde explication du fait, les coquilles mortes, qui ne sont pas immédiatement enfouies dans le limon, sont attaquées par l'eau du lac, riche en acide carbonique ; leur carbonate de calcium se transforme en bicarbonate qui se dissout ans l'eau. Ce serait analogue avec ce que l'on connaît dans plus d'un terrain ancien ; c'est ce que je crois le plus probable, et cela nous rendrait fort bien compte de la rareté relative des fossiles actuels dans l'argile moderne du Léman[1].

g) Les parties dures des cadavres des animaux de la faune profonde, en particulier les carapaces chitineuses des Arthropodes et les polypiers des Frédericelles. Ces polypiers sont parfois en nombre énorme ; j'en ai compté un jour plus de 150 exemplaires dans le produit d'un seul coup de drague, par 35 m. devant Morges.

h) Les coques d'œufs des animaux de la région profonde. Nous avons cité, dans l'énumération de la faune profonde, les espèces dont nous avons trouvé les œufs vivants, en voie de se développer, Hydrachnides, Limnées, Valvées, Chétopodes, Turbellariés. Les coques chitineuses des cocons et des œufs de ces deux derniers groupes d'animaux, Chétopodes et Turbellariés, se retrouvent en nombre parfois considérable dans le limon. Les œufs sphériques, brunâtres des Turbellariés forment parfois une proportion notable du résidu.

Il est un type d'œufs ou de cocons que je trouve en assez grande abondance dans les débris du limon; ce sont de petites coques, recourbées, de 1.5 sur 0.8 m/m. Les deux extrémités sont mousses ; l'une est percée d'un trou circulaire. Mouillées ces coques sont grisâtres, desséchées elles sont blanches comme une coquille d'œuf de poule ; elles sont très fragiles ; mais traités par l'acide acétique elles ne donnent aucun dégagement d'acide car-

[1] En opposition à la rareté des coquilles fossiles dans l'argile du Léman, j'ai noté leur abondance dans le produit d'un draguage fait par 80 m. de fond devant Horgen au lac de Zurich.

bonique. Elles sont parfois fixées sur un corps solide, branche de bois, ou feuille d'arbre. Je n'ai pas encore su trouver l'embryon vivant dans ces coques et je ne puis dire à quel animal elles appartiennent; je suppose toutefois qu'elles sont peut-être les cocons de Saenuris velutina.

i) Les coques des Difflugies sont en nombre encore plus grand; avec les œufs des Turbellariés et les graines des Characées, elles forment un sable de petits granules sphériques ou ovalaires, qu'on isole par un décantage approprié. C'est par milliers qu'on peut les compter dans un litre de limon.

k) Enfin les carapaces chitineuses des Entomostracés pélagiques, qui ont sombré dans les profondeurs, forment par leur nombre la grande majorité des débris organiques du lac. Lorsque l'on a lavé sur le tamis le produit d'un draguage, soit de la drague métallique, soit de la drague à filet, l'on voit nager dans l'eau de lavage un nuage de poussières grisâtres, légères, flottant entre deux eaux, et ne se déposant que très lentement; c'est par centaines ou par milliers, qu'on peut parfois compter ces flocons dans le produit d'un seul coup de drague; leur nombre du reste diffère beaucoup d'un endroit à l'autre, et ils sont évidemment accumulés en certains points par les courants profonds. Le microscope montre dans ces flocons les débris de la faune pélagique; les cadavres, un peu plus lourds que l'eau, sont tombés lentement au fond, les parties molles ont été dévorées par les animalcules de la faune profonde et il n'est resté que les parties chitineuses qui sont beaucoup plus lentement détruites. Lorsque nous traiterons de l'alimentation de la faune profonde, nous aurons à faire intervenir d'une manière fort importante ces cadavres d'animaux pélagiques, qui apportent sans cesse dans les grands fonds la nourriture élaborée dans les régions supérieures.

Tous ces détritus qui sont lavés sur les tamis forment, dans nos bassins d'étude, un amas de matières organiques, que le Dr. Vernet a fort bien appelé un «charnier», quand il y recherchait ses petits Ostracodes. Mais dans la nature ils sont les uns après les autres entourés et enfouis dans la vase inorganique et dans le feutre organique; jusqu'à ce que, rongés par les animaux fouisseurs, ou détruits par la putréfaction, ils disparaissent définitivement, ou bien qu'englobés dans l'argile profonde ils soient fossilisés, et deviennent ainsi partie constitutive des dépôts actuels de la marne lacustre.

§ XI. Densité de la population animale dans la région profonde.

La faune profonde est abondante en individus, la population animale est serrée dans la région profonde des lacs; c'est ce qui ressort de toutes nos études. Tout draguage qui atteint le sol ramène quelques animaux; le plus souvent nos draguages sont très fructueux.

Dans la région profonde la population animale a son maximum de densité dans la zône supérieure, entre 30 et 50 m.; elle va en décroissant graduellement à mesure que la profondeur augmente. Dans sa zône supérieure, la région profonde est presque aussi habitée que la région littorale dans son facies limoneux ou vaseux, beaucoup plus que les parties sableuses ou pierreuses du littoral.

Au point de vue de la densité de la population de la faune profonde, il y a de grandes différences:

a) D'une espèce à l'autre. Certaines espèces sont abondantes ; je citerai dans le Léman les Hygrobates, les Pisidies, Sacnuris velutina, la Frédericelle, le Niphargus ; dans le lac des IV-Cantons, l'Asellus, etc. D'autres espèces sont rares ou très rares.

b) D'une localité à l'autre. Deux draguages successifs donnent des résultats fort différents. Cela est vrai des pêches faites avec la drague à filet, mais cela pourrait être attribué à des différences dans l'opération même du draguage qui a écorché plus ou moins profondément le sol, suivant l'inclinaison du fil de sonde ou la brusquerie des manœuvres. Cela est vrai aussi, et c'est alors fort démonstratif, des résultats de la drague métallique qui ramène tout le sol, et ne laisse rien échapper des animaux fixés ou limicoles.

Quelle est la densité absolue de la population animale? Combien y a-t-il d'animaux par unité de surface, par décimètre carré, par exemple, de la superficie du sol? Cela m'est impossible à dire exactement. En effet ma drague à filet racle une grande surface du sol, mais n'y prend qu'une partie des animaux; ma drague métallique ramène un ou deux litres de limon, mais suivant qu'elle a mordu plus ou moins vite dans le sol vaseux, elle a ramassé un ou deux décimètres carrés seulement, ou bien beaucoup plus, de la croûte superficielle du limon, laquelle est seule habitée [1]. C'est par appréciation, plutôt que par compte exact, que je puis évaluer la densité de la population. Voici comment je formulerai mon évaluation: dans la zône supérieure de la région profonde du Léman devant Morges, chaque décimètre carré du sol contient une ou deux centaines d'animaux vivants de types supérieurs, Vers, Coelentérés, Arthropodes, Mollusques; et un ou deux milliers d'organismes morts et de débris d'animaux provenant de la faune profonde et de la faune pélagique.

Voici quelques chiffres tirés de quatre draguages faits devant Morges; ces listes n'ont aucune prétention à être complètes; ce sont les animaux que j'ai comptés, je ne puis dire combien j'en ai négligés; dans chaque draguage, il est des espèces auxquelles je n'ai point fait attention; j'ai laissé de côté toutes les petites espèces et les jeunes individus. Les trois premiers draguages ont été faits avec la drague à filet, le quatrième avec la drague métallique.

[1] Il ne serait pas difficile de déterminer exactement cette densité de la population, en prenant des échantillons du sol au moyen d'un tube faisant emporte-pièce, analogue à l'appareil de Brooke pour les sondages profonds. J'ai le regret d'avouer que j'ai négligé cette étude, et je n'ai pas le temps de réparer actuellement cette omission.

	9 octobre 1883	5 janvier 1884	1 avril 1884	18 mars 1884
	110 m.	45 m.	40 m.	45 m.
Larves de Diptères		2		18
Hygrobates longipalpis	ca. 50	ca. 80	ca. 60	8
Niphargus puteanus	12	5	0	4
Asellus Forelii	6	0	0	0
Eurycercus lamellatus			ca. 30	2
Cyclops . . .		6		
Candona. . .				ca. 25
Limnaea. . .	2	6		
Pisidium. . .		8		
Piscicola geometra				2
Bythonomus Lemani				9
Saenuris velutina	15	7		28
Fredericella Duplessis		ca. 30	ca. 40	2
Planaria	1	1	6	
Plagiostoma Lemani	3	6	2	
Otomesostoma Morgiense	2	2		3
Hydra rubra	1			4

A côté de ces chiffres je puis ajouter que d'autres fois j'ai compté dans un seul coup de drague jusqu'à 40 Niphargus, ou bien 150 polypiers de Frédericelles, 30 Pisidiums, 15 Plagiostoma Lemani, etc.

Chapitre V. Considérations générales. Problèmes spéciaux, résumés et conclusions.

§ I. La Faune profonde.

De l'énumération des espèces animales, contenue dans le chapitre précédent, il résulte que, dans la profondeur des lacs Subalpins, au-delà de cette ligne de 25 m., où nous

avons vu s'arrêter la végétation littorale, on trouve des animaux vivants, en grand nombre, et appartenant à une foule d'espèces.

Cette population animale est en général très dense, comme nous venons de le voir. Accidentellement nous avons noté un draguage d'Asper dans le lac de Lugano, qui n'a pas fourni un seul animal, rien qu'une substance limoneuse, micacée, de l'apparence d'un gneiss ; nous avons vu aussi, soit les draguages d'Asper, soit les miens dans le lac de Walenstadt donner des produits peu abondants. Mais ce sont là des exceptions ; ordinairement les draguages sont très fructueux et c'est par centaines d'animaux vivants que nous comptons le plus souvent le produit d'un seul coup de drague. Le fond de nos lacs est donc très richement peuplé.

Ces animaux vivent bien au fond du lac. En leur attribuant un habitat sur et dans le limon du fond, nous ne commettons pas une erreur ; en particulier nous ne faisons pas une confusion avec la faune de la région pélagique, que notre drague traverse, soit en montant, soit en descendant, et où elle peut faire accidentellement quelques captures. Ce qui nous autorise à cette affirmation, c'est d'une part la connaissance que nous avons acquise de la faune pélagique, et qui nous a montré un groupe d'animaux tout autre que celui de la région profonde. C'est d'une autre part les caractères et les mœurs de ces animaux de la faune profonde. Ils ne sont pas nageurs et seraient incapables de se soutenir entre deux eaux ; pour deux ou trois espèces seulement, dont les allures permettraient l'habitat dans la région pélagique, nous avons eu soin de faire des réserves motivées ; je citerai Sida crystallina et Atax crassipes. Les autres sont tous plus ou moins limicoles et rentrent sans aucun doute dans les habitants du fond.

Voici du reste comment nous pouvons classer, au point de vue de l'habitat, les animaux que nous connaissons dans la région profonde.

Premier groupe. Animaux vivant dans le limon et ne venant pas au contact de l'eau : Nématoïdes.

Deuxième groupe. Animaux creusant leurs galeries dans le limon, mais venant chercher l'eau pour leur respiration : Annélides, Chétopodes, larves de Diptères, Pisidiums.

Troisième groupe. Animaux fixés sur ou dans le limon : Bryozoaires, Hydres.

Quatrième groupe. Animaux fixés sur les corps étrangers : Infusoires vorticelliens, Hydres.

Cinquième groupe. Animaux rampant sur le limon : Gastéropodes.

Sixième groupe. Animaux marchant sur le limon : Hydrachnides, Isopodes, Ostracodes.

Septième groupe. Animaux nageant ou sautant dans l'eau, au-dessus du limon, mais venant fréquemment se reposer sur le fond : Amphipodes, Cladocères, Copépodes, Turbellariés, Piscicole.

Enfin nous pourrions faire un *huitième groupe* des espèces nageuses, qui appartiennent peut-être à la faune pélagique et que nous n'inscrivons dans notre faune profonde qu'avec un point d'interrogation : Sida crystallina, Atax crassipes.

Mais est-ce bien l'habitat normal de ces animaux ? Ne sont-ils pas venus accidentellement dans la région profonde ? Ne seraient-ce pas peut-être des animaux du littoral, entraînés par un hasard loin de leur habitat spécial et qui, ayant résisté au changement des conditions de vie, auraient survécu jusqu'au moment où notre drague est allé les capturer. Cette question traite de l'authenticité de la faune profonde ; j'y répondrai par quatre arguments différents.

Premier argument. Ce ne sont pas quelques animaux du littoral égarés par hasard dans les grands fonds ; ils y sont beaucoup trop nombreux pour que leur présence soit un fait accidentel. C'est par centaines d'animaux de diverses espèces que nous comptons le produit de chaque draguage, c'est par centaines d'individus par mètre carré du fond, que nous pouvons évaluer la densité de certaines espèces vivant dans le limon de la région profonde. Je citerai parmi ces espèces très abondantes les Pisidiums, les Frédericelles, les Saenuris velutina, les Tubifex et Bythonomus etc. Il est vrai que la densité de la population est fort différente d'une station à l'autre et d'un lac à l'autre ; mais en somme cette population animale est trop abondante pour qu'il soit permis d'attribuer à des accidents la présence de ces nombreuses espèces et de ces nombreux individus dans la région profonde des lacs.

Deuxième argument. Je tirerai une seconde preuve en faveur de l'authenticité de la faune profonde, du fait que les animaux se reproduisent dans les grands fonds. Nous trouvons en même temps des adultes, des jeunes à tous les âges, et tout spécialement des œufs en état de développement. Je connais des Niphargus de tous les âges, des Asellus, des Lyncées avec des embryons dans la poche incubatrice, des Cyclopides avec des paquets d'œufs, des paquets d'œufs d'Insectes, des œufs d'Hydrachnides (Hygrobates), des paquets d'œufs de Limnées et de Valvées, des Limnées à tous les âges, des Pisidies de toutes les tailles, des cocons de Bythonomus avec des embryons dans le cocon, des Saenuris avec leur Clitellium, des œufs de Turbellariés en nombre énorme, etc., etc. Les animaux, non seulement vivent, mais ils se reproduisent et se développent dans le fond du lac. Ils sont dans leur milieu et ils y vivent normalement.

Troisième argument. L'analogie avec les faits étudiés dans l'océan. Les travaux poursuivis dans l'océan parallèlement aux nôtres, sur une beaucoup plus grande échelle et avec bien plus d'éclat, ont révélé dans les quinze dernières années les trésors que cachaient au zoologiste les grands fonds de la mer. La faune profonde de la mer est un fait aujourd'hui démontré. Or s'il existe une faune profonde dans la mer, il est probable qu'il en doit exister une dans les lacs.

Quatrième argument. Une dernière preuve de l'authenticité de la faune profonde peut se déduire de l'origine même de cette faune ; quand j'en aurai expliqué la genèse, on verra que les animaux peuvent vivre dans les grands fonds de nos lacs, qu'ils doivent y vivre, qu'ils y vivent en réalité. Mais cette question de l'origine de la faune profonde est assez importante pour être traitée à part, dans un paragraphe spécial.

§ II. Genèse de la faune profonde.

La faune qui habite les fonds de nos lacs subalpins d'où tire-t-elle son origine? D'où viennent ses ancêtres? Quelle en est la genèse? — A cette question je ne vois que trois réponses possibles. J'écarterai les deux premières pour m'en tenir à celle qui évidemment est la seule admissible.

Première solution. Les faunes profondes actuelles des lacs subalpins descendraient-elles directement de faunes profondes anciennes, des époques tertiaires, qui se seraient continuées sur place par une chaîne non interrompue?

Cette origine, qui serait peut-être possible dans d'autres pays, n'est pas admissible dans la région subalpine. Le grand événement géologique, qui a donné à notre pays son caractère tout particulier, l'époque glaciaire a été, au point de vue de la biologie lacustre, une barrière absolue pour la succession régulière des êtres.

Nous n'avons pas à entrer ici dans une discussion sur la théorie des lacs, à énumérer les arguments, qui nous font admettre, avec la plupart des naturalistes suisses, l'existence des grandes vallées et des lacs avant l'époque glaciaire, de préférence à l'hypothèse de Ramsay qui attribue le creusement des lacs à l'action des glaciers. Je crois que le relief de notre pays était déjà dessiné dans ses grands traits principaux avant la période de grande extension des glaciers; je crois que la plupart de nos lacs existaient déjà pendant l'époque pliocène, et qu'ils étaient déjà habités par des faunes lacustres analogues à nos faunes actuelles, qu'ils possédaient déjà une faune littorale, une faune pélagique et une faune profonde.

Mais je ne saurais admettre avec Asper (LV) qu'il y ait eu continuité entre cette faune profonde anté-glaciaire et notre faune profonde actuelle. La faune profonde de l'époque pliocène a, dans nos lacs, été détruite par les glaciers et la faune profonde actuelle est d'origine quaternaire.

En effet je ne saurais me représenter des animaux lacustres qui auraient survécu à l'envahissement de nos lacs par les glaciers. On a retrouvé des blocs erratiques sur le Jura à l'altitude de 1350 m.; le fond du Léman étant à la côte de 40 m. au-dessus de la mer, on doit admettre qu'au moment de l'extension maximale des glaciers, une calotte de glace de plus de 1300 m. d'épaisseur remplissait le bassin de notre lac. Cet énorme culot de glace écrasait tout, broyait tout. Tous les habitants de nos lacs de plaine ont dû disparaître sous le puissant manteau glacé qui les opprimait [1].

Est-ce à dire que ces immenses mers de glace fussent absolument désertes? La vie a des ressources bien ingénieuses quand il s'agit de profiter des plus chétives conditions

[1] Je ne saurais me figurer une faune profonde lacustre vivant sous la calotte de glace de l'Indlandsis du Grönland.

d'existence ; aujourd'hui nous trouvons dans les fissures capillaires des glaciers la Desoria glacialis, qui vit par myriades dans ce milieu à la température de zéro ; et sur les croupes des grandes Alpes nous voyons végéter, parfois avec abondance, le Protococcus nivalis de la neige rouge. Mais là où ces organismes glaciaires peuvent encore vivre, les faunes lacustres ne sauraient subsister, et il n'y a aucun doute que, dans ce qui avait été les cuvettes des lacs pliocènes, les faunes littorales, pélagiques et profondes étaient anéanties par les glaciers.

Ce n'est pas à dire non plus que la vie fut détruite dans les promontoires montagneux qui séparaient les divers bras du grand glacier. Les cimes de plus de 1500 m. d'altitude surgissaient au-dessus du fleuve glacé et, comme leurs analogues actuels de la région des hautes Alpes, ou les Nanutaks du Grönland, elles se dégarnissaient partiellement de neige en été ; elles se couvraient d'un tapis de verdure, et plantes et animaux alpestres profitaient à l'envi des beaux jours. Dans les ruisseaux, dans les étangs de ces oasis montagneux, les animaux aquatiques se multipliaient aussi pendant l'été. Mais ces rudiments d'une flore et d'une faune alpestre n'avaient en rien les caractères des flores et des faunes lacustres, et nous ne saurions y trouver en particulier les éléments d'une faune profonde.

La faune profonde anté-glaciaire a été anéantie par le grand développement des glaciers au commencement de l'époque quaternaire. Donc notre faune profonde actuelle ne peut provenir par descendance directe des faunes profondes tertiaires qui ont existé autrefois dans les contrées Subalpines.

Deuxième solution. La faune profonde subalpine proviendrait-elle par migration active ou passive des faunes profondes d'autres lacs, d'autres contrées ?

Lorsque les grands glaciers ont fondu, les lacs ont apparu de nouveau. Ils se sont peuplés à nouveau ; de même que la terre ferme a repris progressivement sa population animale et végétale, de même aussi les eaux ont repris vie. Le même phénomène que nous observons de nos jours dans les reculs périodiques des glaciers, quand nous voyons la moraine profonde, dégagée de la masse glacée, être envahie rapidement par les herbes, par les arbrisseaux, par les arbres, se regarnir d'humus, se repeupler d'animaux, le même phénomène s'est produit en grand après l'époque glaciaire. A mesure que le glacier se reculait dans les hautes vallées, à mesure les plantes et les animaux, qui pendant l'époque glaciaire avaient émigré dans les plaines voisines de France, d'Allemagne ou d'Italie, rentraient dans le plateau suisse et repeuplaient les vallées des Alpes.

Nos eaux se sont repeuplées en même temps et de la même manière que la terre et les airs, par migration active et passive des organismes, qui avaient conservé vie dans les lieux épargnés par l'envahissement des glaciers. De proche en proche, de rivière à rivière, d'étang à étang, de marais à marais, les animaux sont rentrés en Suisse par voie de migration active ; ou bien par migration passive, à l'état de germes transportés par les

vents, ou d'œufs d'hiver charriés par les oiseaux de passage, ils ont franchi de plus longs espaces et ont été peupler des eaux plus isolées. Les eaux ont recouvré leurs habitants comme la terre et comme les airs ; le pays subalpin s'est repeuplé par migration depuis la retraite des glaciers.

Pour ce qui regarde les lacs, leur repeuplement n'est pas aussi simple que celui des eaux terrestres, étangs, marais, rivières. Il faut pour la vie lacustre une adaptation spéciale qui ne se produit pas immédiatement ; nous en avons une preuve dans l'absence dans les grands lacs d'une foule d'animaux aquatiques, qui, vivant dans les rivières et étangs de la terre ferme, sont apportés en grand nombre à chaque débordement des eaux, dans le lac, mais ne savent pas s'y multiplier, ou même y vivre. Pour le repeuplement des lacs il n'y a que deux procédés possibles :

Ou bien l'adaptation à la vie lacustre d'espèces fluviatiles ou palustres transportées activement ou passivement dans le lac.

Ou bien le transport d'un lac à l'autre d'espèces déjà adaptées à la vie lacustre ; mais comme les lacs sont séparés les uns des autres, ce n'est que par migration passive que peut se faire ce transport et spécialement par le moyen des oiseaux de passage.

Ces deux procédés sont l'un et l'autre mis en œuvre pour le peuplement d'un lac, à savoir :

La faune littorale les utilise tous les deux ; certaines espèces sont apportées dans le lac par les oiseaux et poissons migrateurs ; d'autres espèces y entrent en venant des eaux terrestres. Ce n'est pas le lieu de faire ici une étude complète de ces procédés de migration.

La faune pélagique a une origine plus simple. J'ai montré ailleurs (II) comment les habitudes crépusculaires de certains entomostracés littoraux les livrent au jeu des brises alternatives des grands lacs ; comment ces animaux, venant nager près de la surface pendant la nuit, sont entraînés en plein lac par le courant de la brise de terre, soufflant dans la direction du milieu du lac ; comment, pendant le jour ils descendent dans la profondeur à la limite de la région obscure, et ils échappent ainsi au courant de retour de la brise du lac qui les aurait ramenés vers la côte ; comment ils sont ainsi relégués dans la région pélagique, où, par sélection naturelle, ils deviennent ces espèces transparentes, bonnes nageuses, nageant sans interruption, sans se reposer jamais sur des corps solides lesquels n'existent pas dans la région. La création de la faune pélagique est donc un phénomène d'adaptation au milieu lacustre, et spécialement au milieu pélagique. Mais la dissémination de cette faune pélagique est due à la migration passive d'un lac à l'autre par le moyen des oiseaux de passage ; cela est prouvé par l'uniformité remarquable de la faune pélagique dans tous les lacs de notre continent, dans les lacs scandinaves, suisses, italiens ou caucasiques, dans les lacs de région subalpine, ou subapennine, dans les lacs d'origine moderne ou d'origine très ancienne. Des œufs de ces animaux pélagiques sont

transportés chaque année d'un lac dans l'autre, et la constance des types est ainsi maintenue ([1]).

([1]) Dans son dernier mémoire sur la faune pélagique des lacs italiens (LXII), le professeur P. Pavesi de Pavie a développé de nouveau sa théorie, que je crois erronée, sur l'origine de la faune pélagique lacustre; ce n'est pas le lieu ici d'étudier à fond cette question, mais je ne puis pas cependant me dispenser de justifier mon opinion, en réfutant rapidement celle qui m'est opposée. Mon savant ami croit à l'origine marine de la faune pélagique lacustre, tout au moins dans ses formes les plus typiques, celles qu'il appelle eupélagiques; il n'admet pas le transport d'un lac à l'autre par migration passive; il croit au contraire à la différentiation locale des espèces marines en espèces lacustres; il croit que les ancêtres de nos pélagiques lacustres actuels habitaient autrefois les fiords ou golfes de la mer, que ces fiords sont devenus des lacs par l'établissement de barres qui les ont séparés de la mer, que les eaux devenant de moins en moins salées se sont transformées en eaux douces, que les animaux se sont adaptés petit à petit à l'habitat dans les eaux douces; il croit en un mot que la faune pélagique des lacs d'eau douce est une faune reléguée (fauna relegata, Reliktenfauna) en analogie avec certaines espèces du lac de Garde (Palaemon lacustris), ou des lacs de Scandinavie (Mysis relicta, Pontoporeia affinis etc.), en analogie avec la faune du lac Baikal et d'autres lacs.

Pavesi se fonde sur des arguments généraux qui prouvent la possibilité d'une faune reléguée; ces arguments je ne les discuterai pas, car je les admets entièrement. Comme lui je crois à l'existence de faunes reléguées; je viens d'en citer des exemples que j'accepte très volontiers; à la fin de ce chapitre j'en indiquerai plusieurs nouveaux, tirés des faunes profondes lacustres. Admettant la possibilité générale de la transformation des faunes marines en faunes lacustres par voie de relégation, je n'ai pas de motif qui dénie cette possibilité aux animaux pélagiques. Mais les arguments spéciaux de Pavesi, qui invoque des faits de géographie zoologique pour appliquer cette notion de faune reléguée à la faune pélagique lacustre, ne me semblent pas décisifs, et je dois les réfuter ici. Pavesi se base:

1° Sur l'existence de ces espèces eupélagiques dans les lacs de cluses, dans les lacs séparés de ceux-ci par les alluvions des rivières, dans les lacs latéraux des barrages glaciaires, dans les lacs retenus par des moraines frontales, dans les lacs de cratères des volcans récents; il cite comme exemple les lacs Majeur, de Côme, Lugano, Garde, Orta, Varese, Iseo, et 16 autres lacs italiens de plus petites dimensions.

2° Sur l'absence des espèces eupélagiques dans les lacs alpins de grande altitude, dans les lacs d'origine moderne, dûs à des éboulements ou à l'action des hommes, dans les lacs orographiques des anciennes formations géologiques; il cite comme exemple les lacs de Mantoue, de Toblino, d'Alleghe, du Ritom et de Trasimène.

Pour que ces arguments de géographie zoologique de Pavesi fussent démonstratifs, il faudrait: Premièrement que tous les lacs, où l'on trouve aujourd'hui la faune pélagique véritable fussent tous, sans exception, des anciens golfes marins transformés en lacs. Or cela n'est pas. La faune pélagique, la faune eupélagique, est très richement représentée dans tous les lacs subalpins du nord des Alpes et il n'y a pas moyen de penser à faire de ces lacs d'anciens fiords, des restes d'une mer antique; ou bien si l'on pouvait peut-être arriver à une idée de ce genre, toute continuité directe dans les relations phylogéniques des anciennes populations marines et des populations lacustres modernes est nécessairement écartée dans ces lacs par le fait historique de l'époque glaciaire.

Secondement pour que les arguments de Pavesi fussent démonstratifs il faudrait que l'absence de la faune eupélagique des cinq lacs où il ne l'a pas trouvée, ne pût pas s'expliquer autrement. Discutons brièvement les conditions de ces cinq lacs:

1° et 2°. Le lac de Mantoue et le lac de Trasimène n'ont que 8.5 m. et 8 m. de profondeur; ce sont à peine des lacs, ce sont presque des marais; les animaux pélagiques y ont à peine place pour leurs

Migrations actives, migrations passives d'un lac à l'autre, ces relations entre des eaux qui communiquent directement de l'une à l'autre suffisent donc à expliquer l'origine des faunes littorales et des faunes pélagiques. Il n'en est pas de même pour les faunes profondes.

En effet les régions profondes des lacs sont absolument séparées les unes des autres : il n'existe aucun lien, aucun passage qui les unissent ; les eaux courantes qui joignent deux lacs, les fleuves et rivières, sont des eaux purement superficielles. Quant aux oiseaux de passage, dont le rôle est si efficace dans la dissémination des espèces aquatiques, ils ne peuvent que nager à la surface des eaux, et même les meilleurs plongeurs ne descendent jamais dans les couches de la région profonde. Pour passer d'une région à l'autre, les animaux auraient donc à traverser, non seulement la distance qui sépare les deux lacs, mais auparavant il leur faudrait s'élever jusqu'à la surface, ce qui leur est impossible.

---

migrations diurnes ; la température de tels lacs doit s'élever en été à un degré trop haut. Les conditions de milieu y sont certainement fort différentes de celles des grands lacs de plaine, où fleurit la faune pélagique.

3° Le lac Ritom a une profondeur suffisante, 60 m., mais son altitude, 1829 m., est très élevée ; elle diffère énormément de celle des autres lacs où nous trouvons la faune pélagique normale ; les conditions de développement doivent y être fort gênées. C'est ainsi que dans les lacs de l'Engadine la faune pélagique est aussi fort réduite. Dans le lac de Sils, alt. 1796 m, Asper n'a trouvé qu'un petit Cyclopide et une petite Daphnia (xxxi); dans le lac de St-Moritz, alt. 1767 m., P.-E. Müller (i) n'a pêché que la Bosmina longispina, une des espèces eupélagiques de Pavesi.

4° Le lac d'Alleghe dans les Alpes de Belluno a une altitude assez élevée, 976 m. et une profondeur suffisante, 35 m. Les Entomostracés que Pavesi y a pêchés sont assez nombreux, Cyclops gigas, C. serrulatus, C. brevicornis, Simocephalus vetulus, Daphnia pulex, D. longispina. Il est vrai qu'il n'y a ni Leptodora, ni Bythotrephes, ni Bosmina, espèces eupélagiques par excellence, mais c'est cependant un rudiment assez bien conditionné de faune pélagique.

5° Le lac de Toblino, dans le Trentin, petit lac d'un kilomètre à peu près de superficie, 40 m. de profondeur, et 240 m. d'altitude. Pavesi qui l'a exploré le 3 mars 1882 y a récolté des Cladocères et des Copépodes, mais aucune des espèces eupélagiques.

En résumé, parmi ces exemples négatifs qui doivent décider la question, il ne reste que ces deux lacs, celui d'Alleghe, d'altitude assez élevée, et celui de Toblino, de dimensions fort restreintes ; si l'absence de la faune pélagique n'y est pas uniquement accidentelle, elle s'expliquerait encore bien par les conditions spéciales de ces lacs.

Je ne puis trouver ces arguments de zoologie géographique démonstratifs, et comme ils doivent juger entre la théorie de Pavesi et la mienne, j'en reste, pour le moment du moins, à mon ancienne opinion sur la genèse de la faune pélagique.

Le point capital sur lequel j'insiste dans cette discussion, c'est l'unité de la faune pélagique des différents lacs d'eau douce et sa dissémination par migrations passives. Quant à l'origine primitive des animaux lacustres aux dépens d'animaux marins, dont l'adaptation à l'habitat des eaux douces s'est faite ou par le procédé de la rélégation dans des bassins fermés lesquels se sont progressivement dessalé, ou par le passage dans des eaux de moins en moins saumâtres (estuaires des grands fleuves, mers intérieures, mer Baltique), je l'admets sans hésitation.

Il n'y a donc aucun rapport médiat ou immédiat entre les régions profondes de deux lacs; la faune profonde d'un lac ne peut pas descendre de la faune profonde d'un autre lac. La faune profonde de nos lacs subalpins ne peut descendre de la faune profonde d'autres lacs du continent, qui aurait été apportée ou activement ou passivement.

Je discuterai plus loin les rapports probables entre les fonds des lacs et la nappe des eaux souterraines, et nous verrons à cette occasion la possibilité de communications indirectes entre les régions profondes de divers lacs. Mais nous verrons aussi que, au point de vue de la faune, ces rapports n'intéressent que deux ou trois espèces, et que la conclusion générale à laquelle je viens d'arriver dans ce paragraphe n'en est aucunement infirmée.

Troisième solution. La faune profonde descend des animaux de la région littorale [1], qui sont arrivés dans les grands fonds, soit par migration active, soit par migration passive, et qui s'y sont adaptés aux conditions du milieu.

Cette solution, je la tiens pour juste et je vais en développer la possibilité.

Je montrerai d'abord qu'elle est probable, en établissant les rapports intimes qui existent entre la faune littorale et la faune profonde; je me baserai sur l'énumération que j'ai donnée des espèces du Léman.

Tout d'abord nous trouvons un grand nombre d'espèces déjà connues, qui ont été constatées à la fois dans les deux régions, et qui, étudiées par des spécialistes, ont été déclarées identiques ou fort peu modifiées. Je citerai:

Larves de Diptères, Atax crassipes, Gammarus pulex, Sida crystallina, Eurycercus lamellatus, Camptocercus macrourus, Alona quadrangularis, Camptocamptus staphylinus, Saenuris rivulorum, Mermis aquatilis, Dorylaimus stagnalis, Trilobus gracilis, Ligula simplicissima, Microstoma lineare, Prorhynchus stagnalis, Mesostoma lingua, M. Ehrenbergii, M. pusillum, M. rostratum, M. viridatum, M. sulphureum, Typhloplana lugubris, Dendrocoelum lacteum, D. fuscum, Floscularia ornata, Hydra rubra, Spirostomum ambiguum, Stentor coeruleus, St. polymorphus, St. Roeselii, Zoothamnium arbuscula, Vorticella convallaria, Amoeba proteus, A. verrucosa, Difflugia globulosa, Actinophrys sol (38 espèces).

Nous avons à côté de cela un certain nombre d'espèces de la faune profonde, qui n'ont pas encore été constatées dans la région littorale du Léman, mais qui sont des espèces vulgaires, connues ailleurs dans les eaux superficielles, et que nous n'avons aucune raison pour croire étrangères à notre faune littorale; ou bien si elles n'y existent pas actuellement, elles ont fort bien pu s'y trouver dans les siècles passés. Je citerai:

Hygrobates longipalpis, Limnesia pardina, Nesaea reticulata, Candona similis, C. lucens, Cypris minuta, Cyclops magniceps, Cyclops brevicornis,

[1] Et de la faune des eaux souterraines, voir plus loin.

Camptocamptus minutus, Piscicola geometra, Macrostoma hystrix, Mesostoma productum, M. trunculum, Gyrator hermaphroditus, Amoeba radiosa, Difflugia piriformis, D. urceolata, D. acuminata, Hyalosphemia cuneata, Arcella vulgaris, Centropyxis aculeata, Pamphagus hyalinus (22 espèces).

Parmi les espèces nouvelles, décrites dans la faune profonde du Léman, nous avons, après les avoir découvertes dans la profondeur, retrouvé quelques-unes d'entr'elles dans la région littorale. Ce sont:

Hygrobates nigromaculatus, Bythonomus Lemani, Otomesostoma Morgiense, Plagiostoma Lemani (4 espèces).

Viennent ensuite les espèces de la faune profonde, décrites comme nouvelles, et qui n'ont pas encore été retrouvées dans nos eaux littorales.

Pour un certain nombre, les rapports sont évidents avec des espèces voisines, connues dans la région littorale du Léman, ou dans les eaux superficielles. Ce sont:

Moina bathycola H. Vernet, venant de Moina brachiata des eaux superficielles de notre pays.

Limnaea profunda S. Clessin, venant de L. stagnalis, espèce littorale du Léman.

Limnaea abyssicola A. Brot, venant de L. palustris, espèce palustre qui existe dans la région littorale de plusieurs lacs alpins.

Limnaea Foreli S. Cl., venant de L. auricularia, espèce de la région littorale du Léman.

Valvata lacustris S. Cl. dérivée de V. antiqua, faune littorale du Léman.

Pisidium Foreli dérive d'après S. Clessin de Pis. nitidum.

Pour Pisidium profundum, Clessin le fait descendre d'une espèce littorale qu'il n'a pas encore pu désigner.

Gyrator coecus L. Graff, forme modifiée du G. hermaphroditus, espèce littorale.

Vortex intermedius G. du Plessis, forme modifiée du V. truncatus des eaux superficielles.

Fredericella Duplessis F. A. F., espèce dérivant de la Fr. sultana de la région littorale du Léman.

Restent huit espèces:

Deux d'entr'elles n'ont pas de rapports avec les espèces des eaux littorales ou superficielles; leur parenté doit se chercher dans la faune des eaux souterraines. Ce sont: Niphargus puteanus var. Forelii, Al. Humbert, variété lacustre du Gammaride aveugle des puits et cavernes de toute l'Europe; Asellus Forelii, H. Blanc, espèce lacustre venant de l'Asellus cavaticus de Schiödte, des eaux souterraines de l'Europe.

Nous reviendrons plus loin sur le cas spécial de ces deux espèces.

Une espèce, Pachygaster tau insignitus Leb. a probablement une aire assez étendue; découverte dans la faune profonde du Léman, elle a été constatée dans la région

analogue des lacs de Zoug et de Zurich; puis dans un marais des environs de Lubeck. On la retrouvera sans doute ailleurs.

La Nesaea Koenikei et l'Asperia Lemani de Haller, sont des espèces nouvelles, dont les relations et l'aire d'extension ne sont pas encore connues.

Le Saenuris velutina de Grubé n'a pas encore été constaté dans les eaux superficielles ou littorales [1].

Enfin les Acanthopus de Vernet, A. resistans et A. elongatus, n'ont pas encore d'analogues connus dans les eaux douces; ils sont voisins des Cythéridés marins.

En résumé la plupart des espèces profondes du Léman dérivent évidemment des espèces littorales du même lac; cela est démontré pour la grande majorité des formes, et nous pouvons admettre que de nouvelles études compléteront cette démonstration. Deux espèces seulement viennent probablement des eaux souterraines. Nous les laissons à présent de côté, quitte à reprendre plus tard la question de leur origine.

Il y a donc probabilité de relations entre la faune profonde et la faune littorale; la première descend probablement de la seconde. — Demandons-nous maintenant si le fait est possible. Y a-t-il possibilité de migrations actives ou passives, qui aient transporté les espèces littorales dans les profondeurs du lac?

La *migration active* consiste dans le déplacement spontané des organismes, lesquels passent d'un lieu à l'autre, en utilisant leur mode particulier de locomotion. Etant données les allures très lentes des animaux limicoles, qui forment la grande majorité de nos faunes littorales, les migrations actives doivent jouer un rôle peu important dans leur dissémination; cependant, quelque petit que soit le déplacement d'une espèce animale dans le cours d'une génération, si ce déplacement se renouvelle pendant nombre de générations, il peut, en s'additionnant, représenter des distances considérables. Je suis convaincu que les espèces mobiles du littoral, les espèces limicoles, dont l'existence n'est pas liée à la présence de pierres ou de plantes vertes, s'égarent dans leurs excursions et descendent petit à petit dans les abîmes de la région profonde.

Mais, dira-t-on, comment ne sont-ils pas repoussés par l'obscurité et par le froid des grands fonds, comment ne sont-ils pas attirés par la lumière et la chaleur, qui devraient les engager à remonter vers le littoral? Pour répondre à cette question il faut d'abord se rappeler que tous ces animaux sont myopes et ne voient qu'à une très faible distance; puis il faut se mettre, par la pensée, dans la position où ils doivent se trouver. S'ils sont encore dans la région où la lumière pénètre, ils doivent avoir au-dessus d'eux un ciel éclairé, tandis que, dans toutes les directions, l'horizon est obscur; puis le sol monotone et sans accidents, sur lequel ils rampent, est trop peu incliné pour qu'ils sachent reconnaître la direction qui les ramènerait dans les régions éclairées. En les supposant capa-

---

[1] Je ne serais pas étonné qu'on le découvrît dans les eaux souterraines.

bles de faire les raisonnements assez compliqués qui leur feraient rechercher leur chemin, ils seraient dans l'impossibilité absolue de le retrouver.

J'admets donc que, par migration active, les animaux mobiles de la région littorale peuvent s'égarer dans leur courses vagabondes, et se disséminer de plus en plus loin dans les régions profondes.

Mais les *migrations passives* doivent être bien plus efficaces. Ces migrations passives peuvent se faire par quatre procédés différents.

a) Les animaux littoraux peuvent être transportés par les Poissons sur lesquels ils prennent normalement ou accidentellement insertion. Je citerai par exemple les larves des Naïades, les Piscicoles, et tous les Crustacés et Vers parasites des Poissons.

b) Les glissements de terrain. Lorsque le talus s'éboule dans la profondeur, comme cela a eu lieu lors de l'effondrement du quai de Vevey en 1877, de la gare de Horgen en 1875 et 1883, ou du quai de Clarens en 1883, comme cela a lieu chaque année sur le bord du mont à Ouchy, ou à St-Prex, le sol du littoral descend dans la région profonde avec tous les animaux qu'il renferme. Ce procédé de transport passif est assez rare, mais il peut être très efficace dans certaines localités.

c) Les courants profonds. Le courant de retour, que nous avons décrit comme marchant, dans la profondeur, en sens inverse des grands vents, entraîne vers le milieu du lac l'eau qui a été agitée par les vagues sur le littoral. Cette eau trouble du littoral est salie par la vase, soulevée par les vagues, et porte en suspension, non-seulement les poussières minérales, mais plus facilement encore les organismes et débris d'organismes plus légers, qui flottent longtemps entre deux eaux. Toutes ces matières en suspension se déposent plus ou moins lentement sur le sol, et de cette manière les organismes, les œufs et les germes de la région littorale, sont emportés vers le milieu du lac. Si l'on se souvient que ces courants peuvent être très énergiques, qu'on les voit charrier à des centaines de mètres de distance les filets de pêche, qu'ils tordent et déchirent, on comprendra que leur action de dissémination des organismes doit être très active, et qu'ils doivent contribuer efficacement à transporter dans la région profonde les animaux de la faune littorale.

d) Un dernier procédé a peut-être autant d'importance, c'est le transport sur les radeaux flottants à la surface du lac. Des animaux sont fixés sur des herbes aquatiques, ou sur des débris végétaux tombés accidentellement dans le lac ; ils y ont pris insertion ou y ont déposé leurs œufs. Ces végétaux sont entraînés par les courants superficiels en plein lac ; là ils s'allourdissent par imbibition progressive d'eau, et ils finissent par sombrer ; les animaux et les germes qu'ils portent descendent avec eux dans les grands fonds.

Ces quatre procédés de migration passive, joints à la migration active suffisent certainement à expliquer le transport dans la région profonde des espèces littorales ; ils doivent agir plus ou moins chaque année, et il est évident que les apports, dans les grandes profondeurs du lac, de nouveaux animaux venant du littoral doivent être très fréquents.

§ III. Habitabilité des grands fonds.

Mais les animaux littoraux, apportés de la région littorale dans la région profonde, y trouvent des conditions de milieu fort différentes de celles auxquelles ils ont été jusque alors soumis. Quelques-unes de ces conditions semblent même tellement contraires à la vie animale, que pendant longtemps l'on n'a pas cru qu'elles fussent compatibles avec la vie. Nous devons donc reprendre à ce point de vue les conditions de milieu de la région profonde, dont nous avons indiqué les caractères dans notre chapitre II, et après cette étude, nous aurons à nous décider entre deux alternatives :

Ou bien les animaux littoraux sont tués par le transport direct dans les grands fonds, et ce n'est que par une adaptation successive, par le transport progressif dans des profondeurs toujours plus grandes, qu'ils ont pu s'habituer à ces conditions de milieu nouvelles pour eux.

Ou bien les animaux littoraux peuvent vivre dans le milieu des grandes profondeurs où ils sont transportés subitement, et les modifications qu'ils subissent, s'ils en subissent, ne surviennent qu'après.

Dans le premier cas l'adaptation au milieu est un phénomène essentiel, primordial, nécessaire; dans le second cas c'est un phénomène secondaire, accidentel, accessoire.

La *pression* augmente d'une atmosphère à chaque 10 m. de profondeur d'eau; un animal, entraîné du littoral au fond du Léman, passe d'une pression de 1 atmosphère à 30 atmosphères. Cette pression, quelque énorme qu'elle soit, n'est pas un obstacle à la vie dans les profondeurs.

Tout d'abord la pression en elle-même, quelle qu'elle soit, ne peut gêner en rien un animal, et les changements de pression ne peuvent lui être nuisibles, que si ses organes contiennent, dans des cavités fermées, des gaz à l'état aëriforme. C'est ainsi que nous ne nous apercevons en rien de la pression de 1 kg. par centimètre carré, qui opprime notre corps à la surface de la terre; lorsque nous sommes au sommet du Mont-Blanc, ce n'est que par les troubles respiratoires ou auditifs que nous remarquons que la pression est diminuée de moitié. Le corps presque incompressible, plongé dans un fluide, étant comprimé également de toutes parts, ne ressent pas autrement les effets directs de la pression.

Pour les animaux aquatiques, qui ne renferment pas de gaz à l'état aëriforme, le transport dans la profondeur ne cause aucun effet sur eux. Quant à ceux qui renferment de l'air, il en est autrement.

Nous discuterons plus loin le cas des Limnées, Gastéropodes pulmonés que nous trouvons dans la région profonde.

Ne parlons ici que des Poissons qui possèdent une vessie natatoire, pleine de gaz, comme c'est le cas de tous les poissons de nos lacs. Ces poissons descendent dans la

profondeur, ou pour y frayer, ou simplement pour y passer l'hiver. Qu'en résulte-t-il pour eux? La vessie natatoire est soumise à une compression rapide, à mesure que le poisson descend, et son volume est réduit, en raison directe de la pression qu'elle a à supporter, Quant une Féra ou une Lotte descendent à 200 ou 300m. de profondeur, pour y frayer, leur corps est soumis à une pression 20 ou 30 fois plus forte que celle de la surface, et la vessie natatoire est réduite au $^1/_{20}$ ou au $^1/_{30}$ de son volume primitif. Il en résulte une légère augmentation de la densité du corps, et le poisson a quelques efforts supplémentaires de natation à faire, pour se maintenir entre deux eaux. A cela se réduit l'inconvénient, dont souffre, à ce point de vue, un poisson qui descend dans les très grands fonds. Quand il remonte dans les régions supérieures, le phénomène a lieu en sens inverse; les gaz de la vessie natatoire, comprimés à l'extrême par la forte pression extérieure, se dilatent à mesure que cette pression diminue, et la vessie reprend progressivement son volume primitif. Mais quand le séjour dans les grands fonds s'est prolongé pendant quelques temps, il est probable que la vessie natatoire a sécrété un excès de gaz, et que la masse de gaz qu'elle contient est supérieure à ce qu'elle est dans la normale. Toujours est-il que, lorsque les pêcheurs ramènent dans leurs filets des poissons capturés dans les grandes profondeurs, ils voient parfois les viscères sortir par la bouche de ces poissons, extraordinairement tuméfiés. C'est la vessie natatoire trop remplie de gaz qui, soumise à la décompression d'une manière brutale et trop rapide, s'est dilatée outre mesure et a refoulé, hors de la cavité abdominale, l'estomac et les autres viscères. Les poissons à l'état de nature évitent probablement cet inconvénient, en remontant lentement et graduellement des grands fonds dans les régions plus élevées; les gaz en excès de la vessie natatoire peuvent alors se dégager par le canal pneumatique (Féras), ou bien, pour les espèces dont la vessie est fermée de toutes parts, par l'intermédiaire du sang (Lottes, Perches).

Ainsi donc l'augmentation de pression dans la profondeur n'a d'effet appréciable que pour les Poissons, et encore cet effet n'est nuisible pour eux que lorsqu'ils remontent trop brusquement à la surface, après avoir séjourné longtemps dans les grands fonds.

Quant aux questions relatives à l'effet de la pression sur la respiration, nous les traiterons à propos des gaz dissous dans l'eau.

Les *mouvements de l'eau* sont, comme nous l'avons vu, fort réduits dans la profondeur; les vagues y sont insensibles; les courants sont seuls appréciables sous la forme de courants de convection thermique, et de courants de retour des grands vents.

Les courants thermiques sont faibles, et ne peuvent avoir de l'intérêt qu'au point de vue de la dissémination des germes.

En revanche les courants de retour des grands vents peuvent être parfois très intenses, et, quoique relativement rares, ils doivent être pour les habitants de la région profonde un accident fort désagréable. Le milieu dans lequel ils vivent, est habituellement calme et sans mouvement; tout à coup ils sont saisis par des courants violents, assez puissants

pour tordre et déchirer les filets des pêcheurs; le limon du fond du lac doit être balayé et soulevé, et les animaux entraînés. Mais, d'une part, le fait d'être roulés sur le sol mou et sans aspérités du limon lacustre ne saurait causer grand mal à des animaux si légers et de si faible masse ; d'une autre part, pour la question qui nous occupe spécialement, pour l'acclimatation dans les grands fonds des animaux littoraux, ceux-ci sont habitués aux mouvements cent fois plus violents des eaux de la région littorale.

La *température* est presque constante dans la région profonde du lac ; les variations diurnes ou journalières y sont nulles, les variations annuelles ou lustrales y sont réduites à une amplitude très faible.

Cette température est relativement fort basse; elle est cependant moins basse que celle de la région littorale dans les grands froids de l'hiver, laquelle descend parfois notablement au-dessous de 4 °. Les animaux du littoral transportés dans la région profonde ne doivent donc pas souffrir du froid, d'une manière mortelle pour eux.

En revanche ils peuvent souffrir de l'absence de chaleur. Habitués comme ils le sont dans les régions superficielles à voir chaque année la température de l'eau s'élever à 15°, à 20°, à 25°, leur organisme a dû s'adapter à cette périodicité des variations thermiques, et la suppression de la saison chaude doit être douloureusement sensible pour plus d'une espèce. Tout spécialement elle doit l'être pour ces espèces qui sont soumises, sinon à un véritable sommeil hivernal, du moins à une diminution de l'activité vitale pendant la période des grands froids; ces animaux doivent avoir besoin, pour reprendre le jeu normal de leurs fonctions organiques, d'être excités par la chaleur de l'été ; si cette chaleur leur fait défaut, ils doivent en pâtir.

Lumière. Les animaux du littoral, transportés dans la région profonde, passent d'un milieu plus ou moins éclairé dans un milieu plus ou moins obscur, probablement tout-à-fait obscur dès les profondeurs de 100 m. et au-dessous. Cette obscurité leur est-elle nuisible ou fatale? La lumière est utile aux animaux pour diverses fonctions :

1° *par son action éclairante.*

a) pour la recherche de leurs aliments. A ce point de vue la sagesse des animaux se réduit, pour chacun d'eux, à se nourrir suffisamment, le plus souvent en mangeant les autres, et surtout à éviter d'être mangés; la prudence est ainsi leur vertu dominante et nécessaire dans la lutte pour l'existence. Il s'en suit que la plupart des animaux sont nocturnes, les faibles pour éviter d'être vus par leurs ennemis, les forts, les rapaces, parce que leur proie ne sort guère que de nuit. Pendant le jour, tous se cachent où ils peuvent, et cherchent à se faire oublier ; pendant la nuit seulement, ils sortent et vont à la poursuite de leur nourriture. C'est le cas de la grande majorité des habitants des eaux, et spécialement de la région littorale des lacs. Que par un beau jour calme, on étudie ce littoral, alors que les eaux absolument limpides révèlent à l'œil chaque détail, on n'y aperçoit aucun animal ; l'eau semble déserte. Mais que l'on soulève une pierre, l'on verra les galeries ramifiées que se sont creusées et où se cachent une foule de vers,

de crustacés, de mollusques, de larves d'insectes, etc. ; que l'on tamise un peu de vase et l'on trouvera la foule étonnante des animaux limicoles. Dans les aquariums, où j'ai longtemps observé les mœurs des animaux aquatiques, j'ai constaté combien leur activité était plus grande pendant la nuit que pendant le jour.

Ces mœurs nocturnes doivent rendre fort peu incommode à nos animaux littoraux le transport dans la région profonde, obscure; ils sont habitués à chercher leur proie pendant la nuit ; que l'obscurité au lieu d'être interrompue devienne permanente, cela ne saurait autrement leur nuire.

b) pour la recherche d'un conjoint dans les questions d'appariement. — Qui s'aime se trouve, même dans l'obscurité.

2° *par son action chimique* ou actinique sur les tissus. Cette action n'a pas pour les animaux la même importance que pour les plantes. A l'exception des animaux verts, dont les granules de chlorophylle, ou d'après les nouvelles théories les Algues parasites, ont besoin de la lumière pour remplir leur fonction réductrice, les animaux vivent fort bien sans lumière, comme l'a appris l'étude de la faune des cavernes; leur pigmentation est plus pâle, disparaît même complètement, mais les fonctions de la vie végétative, aussi bien que celles de la vie animale, ne jouent pas moins leur rôle chez eux, et leur vitalité n'est guère moins active que celles des animaux vivant au plein jour. Il paraît que l'obscurité absolue ou continue n'est pas nécessairement fatale aux animaux [1] ; ce n'est pas dire du reste qu'elle leur soit avantageuse ou utile.

Quant aux animaux chlorophylliens je n'en dirai pas autant, et de même que les Algues vertes ne se multiplient pas dans la profondeur, de même aussi nous ne verrons pas prospérer dans les régions obscures des animaux, qui ont besoin de la lumière pour les fonctions de leurs parties constitutives ou parasitaires. Nous reviendrons sur ce sujet.

Composition chimique de l'eau. Nous avons vu qu'au point de vue des sels dissous, la composition de l'eau des profondeurs est la même que celle de la surface ; le transport de l'habitat dans les diverses régions du lac est, à ce point de vue, sans inconvénient.

Nous avons vu que pour les gaz dissous dans l'eau, la proportion en est aussi à peu près la même ; d'après les analyses de Walter, la quantité d'oxygène est la même, la quantité d'acide carbonique est légèrement plus forte dans les profondeurs qu'à la surface, la somme des gaz dissous dans l'unité de volume d'eau restant à peu près la même.

L'invariabilité de la quantité des gaz dissous dans l'eau a une grande importance et est une condition essentielle de la possibilité du transport d'une région dans l'autre et de l'habitabilité des grands fonds. Les études de Paul Bert sur la variation de la pression dans la physiologie de la respiration (LXXIV) nous permettent d'apprécier cette question. Il a montré que l'animal est capable de résister à des variations très considérables de pression, si la tension des gaz respirables est maintenue dans des limites voisines de ce

[1] La faune des cavernes, et les animaux endoparasites en sont la preuve.

qu'elle est à la pression normale ; si la pression est diminuée, pour que l'air soit respirable, il faut que la proportion de l'oxygène soit augmentée, si la pression est surélevée il faut abaisser proportionnellement la quantité relative de l'oxygène, qui sans cela deviendrait nuisible. Autrement dit il faut que le sang, mis en relations dans l'appareil respiratoire avec le fluide oxygéné, se trouve dans des conditions telles que l'endosmose de l'oxygène et l'exosmose de l'acide carbonique continuent à fonctionner, comme sous la pression habituelle. C'est seulement dans ces conditions que les gaz contenus dans le sang gardent leurs proportions normales, indispensables au maintien de la vie.

Or, un animal aquatique, qui descend de la surface dans les grands fonds du lac, n'a pas ses conditions respiratoires sensiblement modifiées ; le sang de son corps est soumis à une pression plus considérable, mais l'eau qui l'entoure est soumise à cette même augmentation de pression ; la quantité des gaz contenus dans l'eau restant à peu près la même pour le même volume, la tension relative des gaz entre le sang et l'eau ne change pas et les phénomènes d'osmose gazeuse entre le sang et l'eau peuvent continuer dans les mêmes proportions. Le fait qu'il y aurait dans les grands fonds un peu moins d'oxygène et un peu plus d'acide carbonique [1] doit ralentir les phénomènes respiratoires ; l'activité vitale doit être un peu déprimée, mais il n'y pas là une différence telle qu'il y ait en rien menace d'asphyxie, et le transport dans la région profonde doit pouvoir s'effectuer sans grand trouble physiologique.

Ainsi s'explique non-seulement la possibilité du transport des animaux littoraux dans la région profonde, mais encore les migrations diurnes des animaux pélagiques, qui tous les jours passent par des variations de pression du simple au double, au triple, au quintuple.

La *nature du sol* peut avoir une importance considérable. Le sol des grands fonds, mou, de consistance vaseuse ou limoneuse, sans corps solides, doit convenir fort bien à tous les animaux limicoles, sans parler des animaux marcheurs et nageurs qui se trouvent bien partout où ils peuvent nager ou marcher. Mais les animaux fixés ou adhérents, ceux qui ont besoin de prendre insertion sur un corps solide, doivent s'y trouver fort dépaysés ; pour beaucoup ce manque d'appui peut devenir une cause de mort s'il ne provoque pas une modification considérable dans les mœurs de l'animal. Nous trouverons des exemples de ces deux alternatives.

Enfin la *flore* peut être considérée comme étant une condition de milieu, et des plus importantes, pour les animaux. Beaucoup d'espèces littorales prennent insertion sur les plantes aquatiques, ou se nourrissent de végétaux. Il est difficile d'établir d'une manière générale la nécessité de ces relations intimes entre animaux et végétaux ; pour les diverses espèces les conditions sont trop différentes. Mais ce que l'on peut dire, c'est que si l'absence absolue des plantes vertes dans les grands fonds n'est nullement pénible pour un

---

[1] d'après l'analyse de Brandenbourg. La moindre quantité d'oxygène n'est pas confirmée par les dernières analyses de Walter. Voyez notre chapitre II, § 5, pag. 44.

grand nombre d'espèces, en particulier pour les espèces limicoles, elle doit être pour beaucoup d'autres une privation fort désagréable, et pour quelques-unes une cause de troubles ou même de mort.

— En résumé dans les conditions de milieu, telles que nous les connaissons dans la région profonde, il n'y a rien qui soit, d'une manière générale, un obstacle absolu à la vie animale. Les seuls points qui nous paraissent être d'importance nuisible ou fatale sont: l'absence d'une saison chaude pour les animaux qui ont besoin de chaleur pour le cycle annuel de leur vie physiologique; l'absence de la lumière nécessaire à la vie des animaux chlorophylliens; l'absence des corps solides qui peuvent être indispensables à l'insertion de certains animaux fixés; l'absence de plantes vertes qui peuvent être nécessaires à certains animaux à régime exclusivement végétal. Un certain nombre de types animaux semblent donc devoir être exclus de la région profonde. Toutes les autres espèces, tous les animaux qui ne souffrent pas des conditions spéciales de vie, caractéristiques d'un milieu nouveau pour eux, doivent pouvoir être transportés impunément de la région littorale dans la région profonde des lacs d'eau douce.

Mais le transport dans les grands fonds du lac, dans des conditions extérieures fort différentes de celles de la région littorale, ne s'effectue pas sans amener des modifications importantes dans l'organisme. Ce milieu nouveau est pauvre, calme, sans mouvements mécaniques, sans mouvements moléculaires, sans variations thermiques, sans vibrations lumineuses ou actiniques; comparativement au milieu bien plus agité des régions littorales, la région profonde est dans le repos presque absolu.

— Pour mieux définir ces conditions d'habitabilité des grands fonds du lac, je vais essayer de faire un tableau du climat de ces régions; je supposerai un animal émigré de la région littorale et je me demanderai sous quels traits il décrirait le pays dans lequel il arrive. Je laisserai de côté dans cette description tout ce qui se rapporte au sol uniforme et monotone, à ce limon sans accident et sans limite, dont nous avons donné une idée suffisante; je m'en tiendrai à ces conditions de milieu variables, qui font ce qu'on appelle le climat.

Descendons d'abord *à 30 m. de profondeur, à la limite supérieure de la région profonde.* L'hiver y est la saison brillante de l'année. L'eau déjà éclaircie en automne devient de plus en plus transparente, jusqu'au mois de mars ou d'avril. Pendant ces mois d'hiver, à 30 m. de profondeur, un animal doit pouvoir discerner quelque chose du sol sur lequel il repose, durant les heures du jour, lesquelles augmentent de longueur à partir du solstice; il doit voir la voûte de son ciel éclairée d'une belle couleur azur intense; peut-être même voit-il passer comme une ombre gigantesque le corps d'une barque qui traverse son zénith; peut-être vers l'heure de midi voit-il, lorsque le lac est calme, le disque du soleil; probablement peut-il voir, pendant la nuit, la lune qui s'élève bien plus haut sur l'horizon. Quand le lac est agité et le ciel clair, il doit jouir d'un spectacle splendide; les vaguelettes qui rident le lac réfractent les rayons lumineux suivant des directions fort diver-

gentes; dans le fond de l'eau on doit avoir un brillant éclairage d'étincelles, aussi nombreuses et aussi élargies que la traînée lumineuse, dessinée par le soleil sur un lac ridé par la brise. Tous ces rayons lumineux doivent être fort éteints par l'absorption puissante de l'eau; mais en comparaison de l'obscurité presque absolue qui domine dans le fond, le moindre trait de lumière doit y paraître éclatant et brillant.

La température, qui s'est progressivement abaissée pendant l'automne, atteint en hiver son minimum annuel, 5.4° dans le Léman en 1884. Accidentellement à la suite d'un grand hiver, lorsqu'une longue série de jours très froids ont abaissé la température du littoral jusqu'à près de 0°, un courant d'eau froide à 4° s'écoule le long des talus du lac; cet accident thermique, qui est rare, et n'est que temporaire, doit être fort désagréable et fort douloureux pour des animaux qui ne sont pas accoutumés à un froid relatif aussi intense.

Au point de vue de la faune, l'hiver est aussi la saison la plus animée; c'est alors que la plupart des poissons du littoral font leur migration annuelle dans la zône supérieure de la région profonde; leur arrivée doit être considérée comme un fléau dévastateur par les animalcules limicoles, fort paisibles et fort tranquilles pendant tout le reste de l'année.

Au printemps, les poissons remontent dans le littoral et la paix règne de nouveau dans la région qui nous occupe. Les jours s'allongent, mais le ciel s'obscurcit; un vaste nuage de poussières aquatiques, impénétrable à la vue, voile le firmament; l'éclairage en est éteint, la demi-obscurité en devient plus crépusculaire, plus sombre. L'œil ne distingue plus ni astres dans le ciel, ni bateaux à la surface de l'eau; l'azur du firmament est remplacé par le gris-noir de nos nuages de neige. La température de l'eau se réchauffe lentement.

Pendant l'été, en raison de la plus grande longueur des jours et de la plus grande élévation du soleil au-dessus de l'horizon, l'intensité et la durée de la lumière devraient augmenter; mais en raison du plus grand développement de la vie organique et de la stratification thermique de l'eau, le nombre des poussières aquatiques augmente en même temps, et le nuage opaque des couches supérieures s'épaissit. La température de l'eau s'élève et atteint son maximum, 10 à 12°.

En automne, dès le mois d'octobre, le refroidissement superficiel amène jusqu'à 30 m. de profondeur les courants de convection thermique; il en résulte un abaissement progressif de la température qui redescend à son régime hivernal. Ces eaux superficielles, longtemps en contact avec l'atmosphère, sont bien aërées et débarrassées de l'excès d'acide carbonique; elles apportent dans la région profonde une abondante provision d'oxygène, qui facilite la respiration animale. En même temps que les eaux se refroidissent, elles s'éclaircissent, et le régime d'hiver chasse enfin le nuage des poussières aquatiques. Le firmament de la région profonde redevient pur, et les astres apparaissent de nouveau, quand l'état serein de l'atmosphère le permet, ou quand l'eau n'est pas obscurcie par le trouble des affluents.

Dans cette région de 30 m. de profondeur, l'eau est fréquemment renouvelée par les courants de retour des grands vents; chaque fois qu'un vent violent vient frapper la côte près de la station qui nous occupe, il se détermine un courant profond, qui ramène en avant l'eau accumulée sur le littoral par la pression des vagues. L'eau qui revient ainsi dans la profondeur est abondamment aërée par le contact avec l'atmosphère; mais elle est aussi salie et chargée de poussières aquatiques, soulevées par le choc des vagues. Il y a ainsi renouvellement fréquent, mais irrégulier de la provision d'oxygène et des substances alimentaires, que peut réclamer la faune locale. Fréquemment aussi, lorsque les pluies ou la fonte des neiges, ont gonflé les rivières, affluents du lac, leurs eaux terreuses, étendues à la surface du lac, déposent dans le fond les matières impalpables qu'elles tiennent en suspension; les flocons de poussières minérales doivent alors tomber sur le fond, comme nous voyons dans notre atmosphère tomber les flocons d'une averse de neige.

A partir de 50 ou 60 m. de profondeur, dans les lacs à affluents glaciaires, l'été doit être caractérisé par la chute continuelle à travers l'eau des poussières minérales que les eaux des torrents ont reçues des glaciers; cette eau glaciaire, à basse température, se répand dans le lac en nappe horizontale, entre deux eaux, à une profondeur qui correspond à sa densité, et lentement les particules impalpables qui la salissent doivent se déposer sur le fond en traversant les couches inférieures du lac.

Dans *la zône inférieure de la région profonde, à 100 m.* par exemple, le climat est beaucoup plus simple. L'obscurité absolue doit, si je ne me trompe, y régner constamment, et par conséquent le cycle des saisons perd ainsi un trait caractéristique, qu'il avait conservé dans la zône supérieure. Les variations thermiques y sont bien faibles, et la température ne s'élève en été que de quelques dixièmes de degré, pour s'abaisser de valeurs analogues à la fin de l'hiver; le courant d'eau froide à 4°, qui dans les grands hivers descend de la région littorale en suivant les déclivités des talus, doit s'y faire sentir comme nous l'avons vu dans la zône supérieure.

Le renouvellement de l'eau se fait, à 100 m. de profondeur, d'une manière bien moins active que dans la zône supérieure; les courants de convection thermique n'ont lieu qu'à la fin de l'hiver, et n'y ont de l'intensité que dans les hivers froids et prolongés; quant aux courants d'origine mécanique, au courant de retour des grands vents, ils ne peuvent descendre aussi bas pendant tout l'été, quand le lac est stratifié thermiquement; en hiver quand la densité de l'eau est uniformisée, ces courants peuvent se faire sentir dans ces grands fonds; mais ce doit être un accident très rare.

Pour ce qui regarde les migrations des poissons dans la région profonde, à 100 m., l'on doit avoir à noter seulement l'arrivée de l'Omble-chevalier, qui aux mois de mars et d'avril vient y chercher ses frayères, le passage des Féras et Lottes, quand elles descendent dans les très grands fonds pour y frayer en janvier et février, et enfin le passage des alevins de ces poissons quant ils remontent dans les régions supérieures.

Quant aux *très grands fonds du lac*, le fond de la cuvette, *par 300 m.* dans le Léman, ils doivent jouir d'un climat encore plus monotone. Obscurité absolue, toute l'année

durant. Invariabilité apparente de la température qui, en période de réchauffement, s'élève à peine de un à deux dixièmes de degré par an. Ce n'est que dans les grands hivers, quand la surface se refroidit à une température inférieure à celle du fond, que les courants thermiques amènent l'eau de la surface jusque dans les grands fonds; il y a alors changement rapide de température, comme dans *le grand hiver* de 1879 à 1880, dans lequel nous avons vu la température du fond s'abaisser d'un demi-degré en quelques semaines. Cet effet s'augmente encore par l'accumulation, dans la cuvette du fond, de l'eau à 4° de la région littorale, qui s'écoule le long des talus du mont. C'est aussi pendant l'hiver, quand la stratification thermique a disparu, qu'une tempête, comme l'ouragan du 20 février 1879, peut aller remuer l'eau jusque dans ces très grands fonds; mais un tel événement, qui doit être considéré comme un véritable cataclysme pour ces régions tranquilles, y est extrêmement rare.

En fait de relations avec le monde supérieur des régions superficielles nous n'avons à noter que les visites des Féras et des Lottes, qui viennent frayer dans les grands fonds en février, que les cadavres d'animaux pélagiques qui sombrent dans la profondeur, que les poussières organiques et minérales dont les flocons descendent plus ou moins rapidement sur le plancher du lac.

Comme nous l'avons dit, calme et monotonie, absence de mouvements mécaniques, physiques ou moléculaires, absence de variations dans les conditions de milieu, tels sont les caractères du climat des régions profondes, climat qui, dans les grands fonds, où il atteint sa perfection, ignore absolument toute espèce de variations périodiques, même la périodicité des saisons annuelles.

§ IV. Modifications subies par les espèces de la faune profonde.

Quelles sont les modifications reconnaissables dans les organismes de la faune profonde comparés à ceux de la faune littorale? Etudions-les d'abord dans leurs traits généraux; plus tard nous reviendrons sur quelques détails intéressants, plus tard aussi nous rechercherons comment ces modifications sont acquises; nous rechercherons si les changements observés doivent être considérés comme de simples faits de nutrition dans la vie individuelle des animaux, ou bien comme des faits de transformation spécifique, acquis par adaptation dans la série des générations.

Je laisse de côté dans cette étude les deux éspèces que nous avons dit provenir de la faune des eaux souterraines, le Niphargus et l'Asellus aveugles; je leur consacrerai plus tard un paragraphe spécial.

a) *Taille.* En général la taille des animaux que nous pêchons dans la région profonde, est notablement inférieure à celle des espèces analogues ou parentes de la région littorale. Cela a été observé chez les animaux suivants:

Eurycercus lamellatus, Camptocercus macrourus, Limnaea profunda, L. abyssicola, L. Foreli, Valvata lacustris, Pisidium Foreli, P. profundum, Prorhynchus stagnalis, Otomesostoma morgiense, Mesostoma Ehrenbergii, M. rostratum, Dendrocoelum lacteum, D. fuscum, Fredericella Duplessis, Hydra rubra.

En revanche quelques espèces de Turbellariés ont été jugées par Du Plessis être de plus grande taille dans leurs formes profondes que dans leurs formes littorales: Microstoma lineare, Mesostoma lingua, M. viridatum, M. sulphureum, Gyrator hermaphroditus, Vortex intermedius. Ajoutons cependant que tous les individus étudiés provenaient de draguages peu profonds, entre 30—60 m., et que ces espèces n'ont été vues jusqu'à présent que dans la zône supérieure de la région profonde.

Les Mollusques, chez lesquels la comparaison est la plus facile et la plus sûre, et qui ont été étudiés sur des individus dragués dans les grands fonds, présentent d'une manière nette et précise une forte réduction de taille.

b. *Pigmentation.* La couleur est généralement plus claire dans les espèces profondes que dans les espèces littorales. Je citerai entr'autres:

Macrostoma hystrix, Otomesostoma morgiense, Mesostoma lingua, M. rostratum, M. viridatum, M. sulphureum, Gyrator hermaphroditus, Dendrocoelum lacteum, D. fuscum, Hydra rubra, Difflugia proteiformis.

Asper a noté la transparence des Gammarus pêchés par lui dans la profondeur du lac de Zurich.[1] Ils sont, dit-il, de petite taille et ont perdu toute espèce de pigment, tellement qu'ils paraissent transparents comme du verre; les exemplaires pêchés par 140 m. devant Oberrieden, et par 60 m. devant Wollishofen, ont cependant de beaux organes visuels, dont on peut facilement reconnaître les cônes cristallins.

Du Plessis a remarqué une coloration rosée chez quelques Turbellariés dragués dans la région profonde, tandis que les espèces littorales ne la présentaient pas: Microstoma lineare, Mesostoma Ehrenbergii, M. rostratum, Gyrator hermaphroditus, Dendrocoelum lacteum. Il attribue cette coloration au régime, composé de petits Crustacés, de Vers, et d'Hydres roses.

c. *Organes de la vue.* Les yeux semblent avoir une tendance à disparaître dans quelques espèces du fond. Dendrocoelum lacteum et D. fuscum manquent souvent de points oculaires. Le Gyrator coccus de Graff est aveugle. Le pigment de ces taches oculaires, qui est normalement noir, tourne au rouge dans quelques Turbellariés du fond: Mesostoma Ehrenbergii, Gyrator hermaphroditus.

Mais la cécité absolue qui caractérise les animaux des cavernes obscures n'existe pas nécessairement dans les animaux de la faune profonde des lacs; j'ai constaté des yeux très

[1] Après avoir étudié ces animaux à Horgen et à Wädensweil, lac de Zurich, je serai moins enthousiaste qu'Asper et sans parler de transparence cristalline (glasartig durchsichtig), je dirai simplement qu'ils sont plus pâles et moins opaques que leurs cousins de la région littorale.

évidents chez des Limnées, Hydrachnides, et Gammarus pulex pêchés à 300 m. de profondeur dans le Léman.

Je me range à l'idée que les Niphargus et Asellus de la région profonde descendent de la faune des cavernes. Ceux qui ne partageraient pas cette manière de voir, et chercheraient à ces animaux une origine dans la faune littorale des lacs, pourraient citer ces deux espèces comme des exemples brillants de la perte de l'organe visuel, par adaptation au milieu obscur des grands fonds.

d. *La coquille des Mollusques* de la région profonde est non-seulement plus petite que celle des espèces littorales, mais elles est toujours remarquable par sa fragilité, sa transparence, son apparence cornée; cela est surtout évident chez les Limnées et les Pisidies.

e. *Animaux fixés.* J'ai décrit la modification considérable qui existe dans les mœurs et dans la structure des Frédericelles. Ces animaux fixés sur les pierres et végétaux du littoral, une fois transportés dans les grands fonds, n'ont plus trouvé ces corps solides, et ils ont dû devenir des animaux limicoles, fort différents des animaux fixés de l'espèce littorale.

J'ajouterai que les animaux de la région profonde semblent avoir perdu l'usage de s'appuyer sur des corps solides. Quand ma drague ramène du fond de l'eau un morceau de coke, un bois, une feuille, ces corps sont absolument inhabités; aucun animal, aucun œuf n'y est fixé. Les Limnées qui normalement attachent leurs œufs aux rameaux des plantes du littoral, les Chironomes qui les fixent aux murs des quais, quand ils sont descendus dans la profondeur déposent leurs œufs en paquets dans le limon. Il y a là une modification importante des mœurs des animaux, provenant sans doute de la rareté des corps solides, et du repos absolu qui règne dans la région profonde. ([1])

A cela se bornent les modifications générales que j'ai jusqu'ici su constater sur l'ensemble des animaux de la faune profonde ([2]); je ne parle pas ici des traits différenciels observés sur diverses espèces en particulier; je les décrirai plus loin. Ces modifications générales sont peu considérables; sauf celle que nous notons chez la Frédericelle, elles se réduisent à une diminution de taille, à un amoindrissement dans la pigmentation, à une tendance à la suppression de l'appareil visuel. Il est probable qu'il faudrait y ajouter, mais je ne saurais le démontrer, une diminution dans la force musculaire, dans l'activité vitale; les animaux n'ayant plus à lutter contre les mouvements mécaniques et moléculaires du milieu qui les entoure, étant plongés dans un repos monotone et non interrompu, deviennent, j'en ai l'impression très nette, des variétés faibles, paresseuses, pauvres comme le milieu dans lequel ils vivent.

([1]) En fait d'organismes fixés, je ne puis guère citer que ces cocons ovoïdes recourbés que j'ai décrits plus haut, et que je suppose appartenir au Saenuris velutina. Je les ai trouvés une ou deux fois adhérents à des feuilles ou branches d'arbres, gisant dans le limon. Le plus souvent du reste ils sont libres dans la vase du fond.

([2]) Je n'ai jamais constaté chez les animaux de la faune profonde lacustre trace de la phosphorescence qui est si richement développée dans la faune profonde marine (Rapports du Travailleur).

— Ces modifications sont-elles de simples faits individuels résultant d'une nutrition plus appauvrie ou bien sont-elles le résultat de transformations plus profondes, acquises par adaptation et se transmettant par voie d'hérédité dans les générations successives? — Pour répondre à cette question, dans laquelle l'observation et l'expérimentation sont de peu de secours, il y a lieu de décomposer le problème et de distinguer:

1° Un animal transporté du littoral dans la région profonde subira-t-il ces modifications? Je le crois, mais il ne les subira que dans une faible mesure. Dans un milieu pauvre, mal nourri, s'il est en voie de développement, il se développera chétivement; s'il est adulte il s'amaigrira. Mais il est probable que cet appauvrissement de l'organisme n'atteindra son maximum qu'au bout d'une série de générations, pendant lesquelles la race ou l'espèce, de taille et de forces réduites, se perfectionnera dans sa réduction.

2° Un animal de la faune profonde transporté dans le littoral reprendra-t-il la taille, les forces et la pigmentation de ses ancêtres, avant leur migration dans les profondeurs? — Oui, mais cette reconstitution du type primitif ne se fera que au bout de quelques générations; l'individu, de race chétive, placé dans un milieu opulent, reprendra forces et taille; mais ce ne sera qu'au bout de quelques générations que ses descendants auront reconquis l'état florissant, que sa famille avait momentanément perdu. Je puis me fonder ici sur un fait expérimental. Des jeunes Limnées de la région profonde, ont été placées en aquarium; elles ont prospéré, leur coquille s'est bien développée, s'est fortifiée; l'on voit par un élargissement notable du tour de spire, le point où la coquille a été sécrétée dans un milieu plus riche; mais cependant elle est bien loin d'avoir repris la taille et la force d'une Limnaea auricularia du littoral. C'est une L. Foreli de la profondeur un peu mieux nourrie que ses sœurs.

§ V. Résumé.

Les faits développés dans les paragraphes précédents nous permettent déjà quelques conclusions générales sur l'origine des animaux de la région profonde; je vais essayer de les résumer:

Nous avons reconnu que les espèces de la région profonde du Léman ont toutes des relations évidentes de parenté avec les espèces du littoral, à l'exception de deux espèces qui doivent être reliées à la faune des eaux souterraines.

Nous avons vu que l'on ne pouvait aller chercher l'origine de ces espèces profondes, ni dans les faunes profondes antérieures à l'époque glaciaire, ni dans les faunes profondes d'autres lacs, en particulier de lacs situés en dehors du territoire glaciaire; que par conséquent c'est dans la région littorale du lac lui-même que nous devons rechercher les ancêtres et les parents des animaux que nous pêchons dans le fond du lac.

Nous avons établi ensuite qu'il y a possibilité fréquente du transport dans la région profonde, soit des germes, soit des larves, soit des animaux adultes de la région littorale; que ce transport, opéré par différents procédés, doit se présenter fort souvent, on peut

dire chaque année pour quelques-uns d'entr'eux. Ce transport a commencé dès que le lac, libéré des glaces de l'époque quaternaire, a été habité par des espèces littorales; il a été depuis lors non pas continu, mais il s'est reproduit très fréquemment.

Nous avons cherché si les conditions de milieu dans les grands fonds du lac sont incompatibles avec la vie, et nous avons vu que, sauf pour certains types spéciaux, il n'en est rien; que au contraire, quelqu'étranges qu'ils paraissent au premier abord, aucun des faits constituant le milieu ne s'oppose à ce que des animaux littoraux, apportés dans ces régions, ne puissent y vivre sans aucune préparation. Il n'y a donc pas nécessité de faire intervenir, pour le peuplement de la région profonde, des migrations graduelles par lesquelles les animaux, passant progressivement, de génération en génération, dans des profondeurs de plus en plus considérables, s'adapteraient petit à petit au milieu nouveau. Rien ne nous empêche donc d'admettre que, à quelques exceptions près, tout animal de la région littorale, transporté dans la région profonde, ne soit admis immédiatement dans la faune de ces régions, et ne puisse continuer à y vivre.

Si cela est, la faune profonde doit être en état continuel de rajeunissement et de rénovation; la population doit consister en un mélange complexe d'animaux de provenance fort diverse. Chaque espèce doit être formée de l'ensemble des animaux, descendant des générations précédentes, transportées dans la profondeur il y a des années, ou il y a des siècles, et d'animaux amenés actuellement, cette année même, de la région littorale.

S'il y a des modifications dans les organismes, comme nous l'avons montré, et si, comme cela et probable, ces modifications se perfectionnent dans la série des générations, on doit trouver, les unes à côté des autres, les formes plus ou moins transformées, et tous les passages possibles entre le type primitif non encore modifié, dans les individus qui viennent d'émigrer, et le type modifié à l'extrême, dans les descendants d'animaux ayant émigré depuis de nombreuses générations.

C'est là un point de vue que je recommanderai tout particulièrement à l'attention des spécialistes qui s'occupent d'un groupe quelconque des animaux de la région profonde.

§ 6. Animaux de la faune profonde originaires de la faune des eaux souterraines.

Nous avons dit que deux espèces au moins semblent avoir une origine autre que celle de la grande majorité de la faune profonde, et provenir, non pas d'espèces du littoral, mais d'espèces de la faune des eaux souterraines. Ce sont les Niphargus et Asellus aveugles de la région profonde du Léman et de plusieurs autres lacs Subalpins. Etudions de plus près cette question, qui présente un grand intérêt zoologique.

Le Niphargus du Léman se rencontre en grande abondance dans tous nos draguages, dès la profondeur de 30 à 40 m. environ; je ne l'ai jamais trouvé, ni dans la région lit-

torale, ni sur les talus supérieurs du mont. Mais vers 40 et 60 m. de fond, devant Morges, il est si fréquent que c'est par dixaines d'exemplaires que je le recueille dans un seul draguage. Je l'ai pêché jusqu'à 300 m. de profondeur.

Cet animal a été étudié avec beaucoup d'attention par M. Aloïs Humbert de Genève, qui en a donné une description minutieuse (*Mat. XXXIX*). Après avoir refait l'histoire des différents Gammarides aveugles signalés par les auteurs, il détermine exactement les caractères du genre Niphargus, qui est, suivant lui, bien distinct du genre Gammarus. Puis il sépare le Niphargus du Léman des autres espèces, le N. aquilex de Schiödte, N. fontanus, Sp. Bate, N. Kochianus, Sp. Bate, N. stygius, Schiödte, N. puteanus, Plateau; il le range dans le Gammarus puteanus, de Koch, et en fait une variété spéciale, sous le nom de Niphargus puteanus, Koch, var. Forelii, Al. H.

D'après cette excellente étude, aux détails de laquelle je renvoie le lecteur, la parenté morphologique de notre Crustacé aveugle du Léman n'est pas avec les Gammarus et spécialement avec le G. pulex, qui se trouve en abondance dans le littoral du lac, mais avec les Niphargus, qui habitent les eaux souterraines et spécialement avec le N. puteanus de Koch.

Les Niphargus ont été trouvés dans la région profonde des lacs de Neuchâtel (Forel, Ph. de Rougemont), des IV-Cantons, de Walenstadt, de Zurich et de Côme (Asper), de Starnberg (Spangenberg) (IV), de Zirknitz, en Carinthie, dans les cavités où l'eau reste en permanence (G. Joseph) (LXXXIV). L'identité ou la presque identité de l'espèce dans ces diverses localités a été reconnue par les observateurs qui ont étudié les animaux.

Outre ces trouvailles dans les lacs proprement dits, la variété Forelii de Humbert a été constatée par G. Joseph dans le lac souterrain de la caverne de Mrzla jama, dans le Kreuzberg, près de Laas, en Carinthie (LXXXIV).

Quant aux Niphargus des puits ils ont été trouvés entr'autres: En Suisse à Onex, près Genève (A. Humbert), Neuchâtel (Phil. Godet, Ph. de Rougemont), en Savoie à Annecy (F. A. Forel), en France à Paris (Paul Gervais), en Allemagne à Elberfeld (Caspary), Regensburg (Koch), Munich (Rougemont), Würzburg, Göttingen (S. Fries), Zweibrücken (Koch), en Belgique à Gand, Namur (G. Plateau), en Angleterre (Sp. Bate) Maidenhead (Westwood), Helgoland (S. Fries), Sylt (G. Joseph), en Italie à Mestri, Venise (G. Joseph) (LXXXV), etc.

Dans les cavernes ils ont été signalés en Carinthie (Schiödte, Joseph), Falkensteinhöhle en Souabe (Wiedersheim, Fries), Hilgershausen, Hesse (Fries), etc.

Dans la mer enfin des espèces de ce genre ont été décrites dans la mer de Suède devant le Bohuslän, Eriopsis elongata, Bruzelius, dans la mer Noire (Niphargus ponticus, Czerniavsky), etc. D'après cela, les Gammarides aveugles peuvent être considérés comme largement répandus dans toutes les eaux obscures de l'Europe, soit dans le fond des lacs et de la mer, soit dans les puits et les cavernes, et, si leur origine est commune, il n'y aura pas de peine à trouver les ascendants des Niphargus de la faune profonde de nos lacs.

L'Asellus aveugle du Léman a fait le sujet d'une étude spéciale *(Mat. L)* par le Dr. H. Blanc de Lausanne, qui l'a décrit comme étant une espèce distincte sous le nom d'Asellus Forelii, H. Blanc. Cet Isopode semble manquer absolument dans les eaux littorales du Léman; il n'existe pas encore, ou il existe à peine, dans la zône supérieure de la région profonde; il commence à apparaître très accidentellement à 40 m. de fond, il est encore rare à 60 m., il est plus fréquent à 100 m., et, à en juger par les captures sur les filets à fera des pêcheurs d'Ouchy, il se trouve en abondance dans les grands fonds de 200 ou de 300 m. (1)

Il a été depuis lors retrouvé par Asper (XXXII) dans le lac des IV-Cantons, où il est extrêmement abondant, ainsi que je l'ai vérifié à Stanzstad; par moi-même dans le lac d'Annecy et par Imhof dans le lac du Bourget (LI).

D'après la description de Blanc, cette espèce est voisine de l'Asellus aquaticus de Sars, et de l'Asellus cavaticus de Schiödte.

Si, avec notre auteur, nous comparons les trois espèces, nous voyons que l'Asellus aquaticus diffère notablement des deux espèces des eaux obscures, cavernes, puits, et région profonde des lacs; que ces dernières ne sont pas pigmentées, et ont absolument perdu l'organe de la vue; qu'en revanche les appareils olfactifs sont chez elles fort développés; que de plus il y a, chez les Asellus des eaux obscures, réduction importante de la taille, diminution de la longueur relative des antennes, et simplification de ces organes, par la diminution du nombre de leurs articles.

Mais ces différences caractéristiques, qui séparent les Asellus des eaux obscures de celui des eaux éclairées, sont très notablement exagérées dans l'Asellus du fond des lacs, qui présente ces réductions à un degré bien plus avancé que l'Asellus des cavernes. C'est ce que la comparaison de trois séries de chiffres montrera fort bien.

	A. aquaticus.	A. cavaticus.	A. Forelii.
Taille, longueur de l'animal . . .	15 m/m.	8 m/m.	5 m/m.
Nombre des articles de la tigelle			
de l'antenne supérieure . . .	12 à 15	8 à 10	4 à 5
de l'antenne inférieure . . .	54 à 70	25 à 55	13 à 26

Je renvoie pour les autres détails à l'étude de Blanc, mais les chiffres que je donne montrent suffisamment que la tendance à la réduction et à la simplification, déjà fort évidente dans l'Asellus cavaticus, est fort notablement augmentée dans l'Asellus du fond des lacs. Il résulte aussi de cette comparaison que l'Asellus Forelii a une parenté morphologique plus rapprochée de l'As. cavaticus des cavernes et des puits, que de l'As. aquaticus des eaux éclairées.

(1) Je l'ai pêché en grande abondance sur la barre d'Yvoire, par 55 m. de fond, le 12 juillet 1885.

L'Asellus aquaticus est une espèce répandue dans toutes les eaux superficielles du centre de l'Europe. Je ne l'ai cependant jamais trouvé dans la région littorale du Léman. Du Plessis, qui a étudié avec grande attention la faune aquatique de notre pays, ne l'a non plus jamais rencontré, ni dans les ruisseaux, ni dans les étangs, ni dans les marais. Mais cette absence est peut-être un fait temporaire, car le doyen Bridel (LXXXVI) cite cette espèce dans sa faune du lac Léman sous le nom de Cloporte aquatique, Oniscus aquaticus, mais sans indication de localité.

Quant à l'Asellus cavaticus il a été trouvé dans les puits d'Elberfeld et de Bonn (Leydig), Munich (Rougemont), Hammeln, Hanovre (Fries), Zurich (Asper), dans les cavernes de Falkenstein (Quenstedt), Hilgershausen (Fries), de la Carinthie (Joseph), etc.

Voici donc deux espèces de Crustacés, un Amphipode et un Isopode, aveugles l'un et l'autre, qui se rencontrent dans la profondeur des lacs, et dont l'habitus général diffère de celui de toutes les autres espèces de la région profonde, et rappelle au contraire celui des habitants des cavernes. Ils ont une parenté morphologique éloignée avec des espèces des eaux littorales ou terrestres; ils ont au contraire une ressemblance beaucoup plus intime avec des espèces des eaux souterraines ou obscures, vivant dans les puits ou les cavernes du centre de l'Europe. Quelle est l'origine probable de ces deux espèces?

On peut à cette question répondre par deux hypothèses.

1re hypothèse. Ou bien les espèces aveugles des lacs descendent directement des espèces analogues de la région littorale. Elles ont trouvé dans la région profonde un milieu obscur, et, soumises aux mêmes influences que les animaux des cavernes, elles se sont modifiées dans le même sens que ceux-ci; mais les conditions étant cependant différentes, la transformation a fini par donner un résultat assez différent. Aussi tout en rapprochant les formes des grands fonds des lacs de ceux des cavernes, nous devons en faire deux variétés ou deux espèces distinctes.

2e hypothèse. Ou bien les espèces aveugles des lacs descendent des espèces analogues des eaux souterraines; déjà modifiées par l'habitat dans un milieu obscur, elles n'ont plus eu à subir, dans la profondeur des lacs, que les modifications générales provoquées par ce milieu pauvre et sans mouvement.

Nous avons à choisir entre ces deux hypothèses.

Mais tout d'abord nous devons rechercher si, de même que le transport des animaux dès la région littorale dans la région profonde d'un lac est possible, il y a aussi possibilité de l'entrée, dans la région profonde des lacs, d'animaux vivant normalement dans les eaux souterraines des puits et des cavernes. A première vue, cette migration semble peu probable.

Il est vrai que nous connaissons l'existence de sources qui, partant de la terre ferme, viennent s'ouvrir dans le lac à différentes profondeurs. Mais rien ne nous dit que les eaux de ces sources soient habitées par des animaux.

Il est cependant des considérations qui nous prouvent que ces eaux sont réellement habitées. C'est en particulier l'étendue considérable de l'aire de dissémination des espèces

cavicoles. Quand on voit, par exemple, les Niphargus exister dans les eaux souterraines, non seulement de toutes les cavernes, mais encore d'un grand nombre de puits creusés par la main des hommes, en Suisse, en Savoie, en France, en Belgique, en Allemagne, en Italie; quand on voit l'Asellus aveugle, moins répandu il est vrai, être trouvé de plus en plus à mesure qu'on le cherche dans les mêmes conditions, on en vient à soupçonner une circulation plus ou moins active des animaux dans les couches souterraines du sol. (1) On se demande, et on arrive bientôt à croire à la possibilité du fait, si, d'une manière générale, le sol d'un continent n'est pas perforé de canaux communiquant normalement ou accidentellement entr'eux, et permettant le passage d'animaux habitant ces cavités obscures.

Les analogies ne manquent pas à cette interprétation des faits. On sait que la Carinthie est toute entière creusée par un réseau de canaux souterrains, en plus ou moins libre communication entr'eux; on sait que le Jura est de même perforé par tout un système de baumes et de grottes, où les eaux circulent dans certaines saisons, et qui peuvent avoir des relations directes ou indirectes les unes avec les autres; on connaît les sources vauclusiennes du midi de la France, qui impliquent l'existence de canalisations souterraines de grande extension; on sait d'autre part que, au-dessous et à côté du lit apparent des fleuves et des lacs, il y a dans le sol une nappe d'eaux souterraines (Grundwasser), immobiles ou en circulation, dont le niveau s'élève ou s'abaisse avec celui des eaux visibles; on sait encore que le sous-sol d'une partie du Sahara est rempli par une nappe d'eaux souterraines, où vit une faune abondante et variée, qui ne vient au jour que lorsque quelque sondage artésien a amené les eaux à la surface. (2)

Je citerai encore un fait intéressant démontrant l'existence d'une faune spéciale et abondante, vivant dans la nappe des eaux souterraines. Dans un puits creusé il y a 17 ans environ dans la Nouvelle-Zélande (LXXXVII) Ch. Chilton a découvert trois espèces d'Amphipodes, appartenant aux genres Crangonix, Calliope et Gammarus, et un Isopode d'un genre nouveau, Cruregens fontanus. Ces quatre Crustacés, étant absolument aveugles, ils appartiennent certainement à la faune des régions obscures; d'une autre part l'époque récente du creusement du puits, où on les trouva, exclut absolument la possibilité de la production locale de ces formes nouvelles, dues à l'adaptation au milieu obscur. Il est évident que ces Crustacés aveugles, trouvés dans le puits, viennent de la nappe des eaux souterraines.

D'une caverne à l'autre et surtout d'un puits à l'autre, il n'y a pas d'autre communication possible que par cette voie des eaux circulant dans le sous-sol; on ne peut in-

(1) En effet, toutes les hypothèses imaginables pour expliquer le transport indirect ou par migration passive de ces animaux, d'un puits à l'autre, échouent devant des impossibilités évidentes.

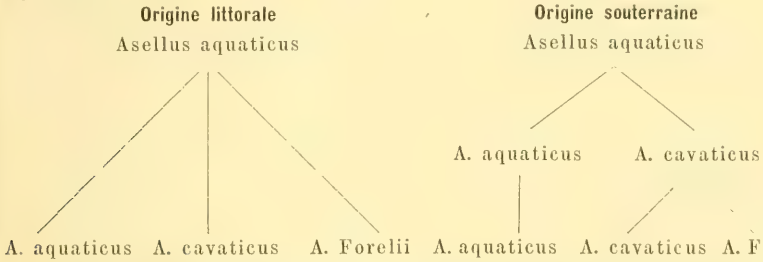
(2) Il est vrai que dans ce dernier cas les animaux trouvés dans les eaux souterraines n'appartiennent pas à la faune cavicole; ils sont identiques à ceux des eaux superficielles et ce n'est qu'accidentellement qu'ils sont entraînés dans le sous-sol (CXXXV). Mais ce fait n'en prouve pas moins la possibilité de la vie animale dans les eaux souterraines, et les communications faciles dans les canaux qui creusent les couches terrestres.

voquer, pour l'introduction d'un Niphargus ou d'un Asellus, aucun fait de migration passive; ni les oiseaux, ni les poissons, ni l'homme ne sauraient être les auteurs de ce transport. [1] La distribution étendue de ces animaux, dans des localités fort diverses et fort distantes les unes des autres, montre la grande activité de cette circulation souterraine des animaux cavicoles. Or s'ils passent d'un puits à l'autre par cette voie des eaux souterraines, pourquoi ne pourraient-ils pas introduire dans les lacs? Si les puits d'Onex, de Neuchâtel et d'Annecy ont pu recevoir les Niphargus trouvés par Humbert, Godet, Rougemont et moi-même, pourquoi le fond de nos lacs n'aurait-il pu en recevoir introduits par la même voie? Si le Niphargus peut se disséminer ainsi, pourquoi l'Asellus n'en aurait-il pas fait de même?

Ainsi donc la possibilité d'un peuplement du fond de nos lacs, par le fait de l'introduction de certaines espèces de la faune des eaux souterraines, peut être considérée comme admissible.

Les deux hypothèses entre lesquelles nous avons à choisir étant donc l'une et l'autre dans la limite des choses possibles, elles méritent d'être étudiées attentivement.

Voici d'abord comment elles se traduiraient sous forme d'arbres généalogiques; je choisis comme exemple les Asellus. Dans les deux cas la souche commune est l'Asellus aquaticus.



Dans l'hypothèse qui fait venir l'espèce profonde d'une espèce littorale émigrée, il y a filiation directe entr'elles deux; on peut dire que l'espèce profonde est sœur de l'espèce littorale actuelle, laquelle représente probablement aussi l'ancêtre commun.

Dans l'hypothèse qui fait venir l'espèce profonde de l'espèce des eaux souterraines, il y a encore parenté avec l'espèce littorale, ou forme des eaux éclairées, laquelle repré-

[1] G. Joseph a essayé d'expliquer l'introduction du Niphargus puteanus dans les puits de Venise, par l'alimentation artificielle de ces puits, au moyen d'eau apportée du continent par des barques (LXXXV). Mais cette opinion ne me semble pas justifiée, car les barques qui vont chercher de l'eau ne la puisent pas dans des puits; elles se bornent à la prendre directement dans le courant de la Brenta; s'il n'y a pas impossibilité absolue à ce qu'un Niphargus des puits du continent se soit égaré dans les eaux de la Brenta, et ait été recueilli dans les barques à eau des Vénitiens, cela n'est cependant que peu probable.

sente aussi l'ancêtre commun, mais cette parenté n'est plus directe ; il y a interposition d'une forme intermédiaire; entre la forme profonde et la forme littorale, il n'y a plus que les relations de cousins.

Quels sont les arguments qui plaident en faveur de l'une et de l'autre hypothèse ?

1° L'origine littorale a pour elle l'analogie avec les autres espèces profondes des lacs. Tout l'ensemble de la faune profonde descend de la faune littorale du même lac, cela n'est pas douteux. Pourquoi ces deux espèces en question feraient-elles exception à la règle générale ?

2° L'origine littorale a pour elle l'analogie des variations subies par les autres espèces littorales, qui se sont transformées en espèces profondes. Nous avons vu que, en descendant dans la région profonde, les animaux littoraux deviennent plus petits, plus pâles, plus faibles et tendent à devenir aveugles. Les deux Crustacés qui nous occupent sont très pâles, très faibles, très petits et totalement aveugles. Il est vrai en revanche que ces variations ne sont, dans aucune autre espèce, aussi profondes que celles que nous constatons chez nos deux Crustacés aveugles ; dans aucun autre animal de la région profonde nous ne voyons cette disparition complète du pigment et cette cécité absolue et sans exception. La cécité absolue, la couleur blanche, les rapprochent évidemment des animaux cavicoles.

3° Les analogies avec la faune profonde marine ne sont pas décisives. Dans la région profonde de l'océan on trouve des animaux, et en particulier des Crustacés aveugles, qui se sont certainement différenciés dans cette région elle-même. D'un autre côté ces animaux de la faune profonde marine sont en général bien pigmentés ; ils ne présentent pas cette coloration blanc-mat des animaux cavicoles, si frappante chez nos Niphargus et Asellus du fond des lacs.

4° La distribution géographique des espèces nous est de peu de secours. Le Gammarus pulex, l'espèce des eaux éclairées, la plus voisine du Niphargus aveugle du lac, est très abondant; il ne manque nulle part dans la région littorale des lacs ; quelques fois il descend dans la région profonde (lacs de Zurich, Léman, Annecy). Le Niphargus des cavernes est plus rare, mais partout où on le cherche, on le trouve ; dans notre région nous le connaissons à Annecy, à Onex près Genève, à Neuchâtel. La fréquence des deux espèces qui peuvent servir d'origine au Niphargus de la faune profonde est presque égale.

L'Asellus aquaticus est plus rare. Je n'en connais pas de station dans le bassin du Léman ; ajoutons le mot : actuellement, car j'ai cité un passage du doyen Bridel qui semble l'avoir connu au commencement du siècle. L'Asellus cavaticus est encore plus rare ; je n'en connais qu'une seule station en Suisse, dans le puits de l'Université de Zurich (Asper). Il y a, pour l'origine de l'Asellus aveugle du lac, la même difficulté provenant de la rareté des deux espèces.

5° Si nous entrons dans des détails plus circonstanciés de distribution géographique nous verrons que, d'une part, j'ai trouvé en abondance le Niphargus puteanus dans un

puits d'Annecy, et que je n'ai pas su le découvrir dans le lac qui est à côté [1]; que d'une autre part pendant que l'Asellus aveugle fait défaut au lac de Zurich, Asper l'a découvert dans les fontaines de l'Université de Zurich. Ces faits parleraient plutôt contre l'hypothèse de l'origine cavicole de nos deux espèces.

6° Quant aux conséquences théoriques résultant de l'adoption de l'une ou de l'autre hypothèse, elles sont fort importantes, et nous amènent à des déductions très différentes. Nous les reprendrons, quand je me serai décidé pour l'une ou pour l'autre.

7° Reste pour nous aider l'étude anatomique des deux espèces. Nous amènera-t-elle à un résultat? J'espère que oui. Tout d'abord j'ai à rappeler les ressemblances très intimes constatées par Humbert et Blanc entre les Niphargus et Asellus de la région profonde du Léman, et le Niphargus puteanus, et l'Asellus cavaticus des puits, cavernes et eaux souterraines. Cette ressemblance est telle que Humbert en fait deux variétés de la même espèce de Niphargus, et que Blanc, tout en en faisant deux espèces distinctes d'Asellus, indique leur parenté comme étant probablement rapprochée.

Cependant ces ressemblances, tout en indiquant des probabilités, n'offraient pas encore d'argument décisif. Pour chercher cette démonstration si nécessaire, j'ai récolté l'année dernière tout le matériel que j'ai su atteindre.

Pour l'Asellus Forelii je l'ai pêché dans le Léman, le lac des IV-Cantons et le lac d'Annecy. J'ai constaté que ces Asellus, assez semblables, différaient cependant assez, pour que je puisse en faire trois variétés :

Var. Lemani. Voir la description du Dr. Blanc.

Var. Unterwaldensis (pêchée devant Stanzstad au lac des IV-Cantons par 60 m. de fond) mêmes caractères de forme et de taille que la variété du Léman. Taches blanches argentées du dernier segment du corps.

Var. Anneciensis, taille plus grande, couleur plus foncée que la variété du Léman (pêchée dans le lac d'Annecy par 50 m. de fond).

Voici le nombre des articles du fouet des antennes.

	Antennes supérieures	Antennes inférieures
Asellus aquaticus	12—15	54—70
A. cavaticus	6—12	25—55
A. Forelii, var. Lemani	5	13—26
A. » var. Unterwaldensis	4—7	8—21
A. » var. Anneciensis	3—7	11—29

Au point de vue de la taille et de la couleur, la variété du lac d'Annecy est moins réduite et moins pâlie que les variétés des lacs Léman et des IV-Cantons. Elle rappellerait plus

[1] Imhof n'a pas été plus heureux que moi.

l'A. aquaticus, que les dernières formes. Mais est-ce le fait d'une transformation moins complète de l'Asellus aquaticus, arrivé depuis moins longtemps dans la région obscure; ou bien est-ce le fait d'un retour au type de l'Asellus cavaticus, qui sortant de ses cavernes et puits obscurs, est entré dans le lac d'Annecy, lequel est peu profond et à demi éclairé (1)? Ces deux interprétations peuvent également être soutenues; il n'y a donc pas là d'argument qui nous permette de choisir entre les deux hypothèses en discussion.

Heureusement que j'ai trouvé dans l'étude des Gammarides des éléments de démonstration plus décisifs.

Les formes animales que nous avons en présence sont:

Le Gammarus pulex de la région littorale des lacs.

Le Niphargus puteanus type, des cavernes et des puits.

Le Niphargus puteanus var. Forelii (Al. Humbert) de la région profonde du Léman et des autres lacs.

Pour simplifier je désignerai dans la discussion qui va suivre, cette dernière forme sous le nom de Niphargus Forelii.

Les caractères qui séparent les Niphargus, soit le Niphargus puteanus, soit le N. Forelii, des Gammarus des eaux éclairées, sont nombreux et importants. Ce sont entr'autres chez les Niphargus:

a) Absence de l'organe visuel.

b) Exagération des organes du tact et de l'olfaction.

c) Affaiblissement de la pigmentation.

d) Réduction de la taille.

e) Modification dans les pattes préhensiles; la pince des deux premières paires de pattes est notablement élargie, par le fait de la diminution de longueur de l'avant-dernier article. Cet article est, chez les Niphargus, aussi large que long, tandis qu'il est deux fois plus long que large chez le Gammarus pulex.

f) Modification dans les pattes sauteuses. La dernière paire des pattes sauteuses est, chez les Niphargus, beaucoup plus longue et dégagée que chez le Gammarus.

Ces modifications caractéristiques portent ainsi sur des systèmes fort différents (2); elles atteignent les systèmes de la vie de nutrition (taille et pigmentation), les organes des sens (vue, odorat, tact), les organes locomoteurs, soit les pinces préhensiles des deux premières pattes, soit la forme même des grandes pattes sauteuses.

Or toutes ces modifications caractéristiques se retrouvent ensemble chez tous les Niphargus du fond des lacs. J'ai pu comparer attentivement les Niphargus Forelii, dragués par moi dans les lacs Léman, IV-Cantons, Zurich, Neuchâtel, et un exemplaire pro-

(1) Il a seulement 62 m. au maximum de sa profondeur.

(2) Je laisse de côté certaines autres différences génériques signalées par Humbert, comme celle du telson et autres, qui sont d'une étude plus difficile, vu la position des organes.

venant du lac de Côme, mis fort obligeamment à ma disposition par le Dr. Asper; j'ai pu les comparer avec les Niphargus puteanus récoltés dans le puits de l'hôtel d'Angleterre à Annecy; j'ai constaté ainsi que à côté des faibles variations locales, il leur reste toujours en commun les six grands caractères typiques fondamentaux essentiels que je viens d'énumérer.

Or ces caractères portent sur des systèmes physiologiques d'ordres forts différents, tellement différents qu'il est bien difficile d'admettre une corrélation nécessaire entr'elles.

On sait le grand principe que Cuvier a introduit dans l'anatomie comparée, la concordance des caractères; on sait que dans les modifications subies par l'organisme, des relations intimes unissent les divers organes et systèmes de l'économie; quand l'un varie, l'autre varie aussi. Quelquefois les relations sont évidentes et faciles à interpréter; d'autrefois elles sont tellement éloignées qu'elles sont inexplicables. Avons-nous affaire ici à des phénomènes analogues de concordance des caractères? les divers organes que nous voyons varier chez nos Gammarides sont-ils sous la dépendance les uns des autres?

On pourrait comprendre, dans le cas qui nous occupe, quelques-unes de ces concordances. Des Gammarides quittent les eaux éclairées pour descendre dans les eaux obscures des cavités souterraines ou du fond des lacs; leurs organes de la vision disparaissent, les organes de l'odorat et du tact, qui les guident seuls, se perfectionnent; leur pigmentation s'affaiblit. Ils quittent des eaux riches en nourriture et agitées par des mouvements divers, pour s'établir dans des eaux calmes et peu riches en matières nutritives; leur taille diminue. — Mais je ne saurais expliquer comment les conditions de milieu, si différentes à tant de points de vue, qu'ils trouvent dans les eaux souterraines d'une part, dans le fond des lacs d'autre part, pourraient agir de la même manière pour modifier dans la même direction, l'avant-dernier article des pattes préhensiles de la première et de la deuxième paire, et les pattes sauteuses de la dernière paire. Je ne trouve aucun lien physiologique entre ces organes et ceux qui sont atteints par l'action du milieu, tel que nous le connaissons; je ne trouve aucune raison qui fasse agir de la même manière ces deux milieux obscurs, si différents à tant de points de vue, à la fois sur l'appareil de combat des pinces préhensiles, et sur l'appareil locomoteur des pattes sauteuses.

Cette identité dans les caractères des Niphargus puteanus et Forelii, et cette différence constante avec les caractères des Gammarus des eaux superficielles, me semblent permettre de juger de l'origine de l'espèce lacustre. Je ne saurais aucunement me représenter un Gammarus pulex descendant au fond du lac et y modifiant ses pattes à la manière du Niphargus puteanus des cavernes, pour devenir un Niphargus Forelii; je comprends beaucoup plus facilement au contraire un Niphargus puteanus, sortant de ses eaux souterraines, pénétrant dans le lac, en y gardant tous les caractères de Niphargus, en modifiant peut-être les détails accessoires du nombre et de la longueur de ses poils, épines, et soies.

Je conclus de là que le Niphargus Forelii descend directement du Niphargus puteanus des eaux souterraines, et non du Gammarus des eaux éclairées.

Un deuxième argument qui arrive à la même conclusion c'est l'absence d'intermédiaires entre le Gammarus pulex et le Niphargus Forelii dans le lac Léman. Jamais, ni A. Humbert, ni moi-même, nous n'avons trouvé un Niphargus qui ne fût pas absolument et complétement un Niphargus, ou qui nous offrit un type transitoire intermédiaire, à moitié modifié.

D'une autre part les quelques Gammarus pulex que j'ai pêchés dans les grands fonds étaient des Gammarus et non des Niphargus. Il n'y a pas d'intermédiaires entre les deux espèces dans le lac Léman. Or étant connus, et le grand nombre de nos Gammarides, et les relations intimes et fréquentes entre la faune littorale et la faune profonde, s'il y avait des rapports de filiation directe entre les deux types, nous trouverions certainement des intermédiaires entre les formes extrêmes (1).

Mais ces intermédiaires existent dans le lac de Zurich. Asper les y a découverts, et il les tient pour des formes de passage entre le Gammarus pulex et le Niphargus puteanus. J'ai étudié moi-même ces Gammarides, que j'ai été pêcher à Horgen et à Wädensweil, par 40 à 80 m. de fond, c'est-à-dire dans la région profonde très bien caractérisée. Avec mon ami Asper je constate que les Gammarus qui viennent de ces grands fonds sont plus pâles et plus transparents que ceux de la rive ; j'admettrai avec lui que leurs yeux sont peut-être moins brillants et complets que ceux de l'espèce littorale. Mais ce que je prétends, c'est qu'ils ne sont pas des Niphargus avec des yeux, des Niphargus incomplètement modifiés. Le cinquième article de leurs deux premières pattes préhensives, et leur troisième patte sauteuse ne sont pas modifiés ; ils ont le type Gammarus et non le type Niphargus. Ainsi donc dans le lac de Zurich, le milieu de la région profonde agissant sur le Gammarus pulex l'a modifié, comme nous l'avons vu modifier les autres espèces profondes, mais il ne l'a pas transformé de Gammarus en Niphargus. Les Gammarus oculés du fond du lac de Zurich forment une variété profonde du Gammarus pulex, et ils ne sont point des intermédiaires qui conduiraient au Niphargus Forelii, leur commensal de Wädensweil.

Enfin il est un dernier argument qui décide en faveur de l'origine cavicole du Niphargus des lacs, c'est la ressemblance très intime entre les Niphargus des différents lacs. Ils diffèrent entr'eux comme les Asellus que nous avons décrits : on pourra probablement en décrire une variété pour chacun des lacs où ils sont représentés. Mais une fois reconnues ces petites différences, qui portent surtout sur le nombre et la grandeur des poils, il est impossible de nier l'identité générale des formes ; ces animaux présentent en effet la plus grande ressemblance, spécialement dans les caractères typiques que nous avons indiqués :

---

(1) J'interprète comme étant probablement des faits de retour au type le cas de deux jeunes Asellus Forelii du lac Léman, chez lesquels Blanc a constaté la présence de points oculaires. Ce fait, assez embarrassant je l'avoue, ne s'est pas renouvelé dans les individus assez nombreux qui nous ont passé entre les mains, depuis que Blanc a terminé sa notice.

absence de l'organe de la vue, pâleur ou absence de la pigmentation, forme spéciale des pattes (première et deuxième paires préhensiles et troisième paire sauteuse). Or en nous rapportant aux conditions générales de la faune profonde nous savons que le fond de chacun des lacs est un centre de différenciation isolé et distinct, sans relations directes avec la région analogue des autres lacs. Si nous voulons supposer que les Niphargus des lacs descendent par filiation immédiate des Gammarus littoraux, nous sommes forcés de voir, pour eux, dans chacun des lacs un centre de différenciation spécial. Comment admettre que des différenciations séparées et distinctes arrivent à un résultat aussi semblable, et cela non-seulement sur les systèmes influencés directement par le milieu (organes des sens, pigmentation, taille), mais encore sur des organes sans relation immédiate avec eux, comme les organes de préhension et de locomotion? Nous serions obligés, pour rendre compte de ces faits, de faire intervenir une concordance de caractères mystérieuse, inexplicable, et en dehors de tous les analogues connus.

Il est plus simple, il est plus conforme aux faits, d'admettre que le Niphargus Forelii du fond de nos lacs, avec ses différentes variétés, descend du Niphargus puteanus des eaux souterraines. Telle est la conclusion à laquelle je me rangerai.

Si je l'admets pour les Niphargus, je crois sage d'étendre cette conclusion aux Asellus, et de chercher l'origine de l'Asellus Forelii du fond des lacs dans l'Asellus cavaticus des eaux souterraines.

Il y aurait peut-être lieu d'aller plus loin et de chercher, dans l'espèce analogue des eaux souterraines, l'origine de la Planaire pâle et aveugle que nous trouvons parfois dans la région profonde du Léman. Les faits sur lesquels je me baserais pour cette espèce, sont trop peu nombreux pour que je veuille insister.

Telles sont les raisons qui me décident à abandonner l'opinion que j'ai jusqu'à présent soutenue sur l'origine de nos Crustacés aveugles; dans tous les mémoires publiés par moi sur la faune profonde des lacs (LXXVII, LXXVIII, LXXIX, LXXX, LXXXI, LXXXII), je les ai joints aux autres habitants de la région profonde du lac, et je les ai supposés, comme les autres, descendus de la forme littorale parallèle, le Gammarus pulex, et l'Asellus aquaticus. Mais après de longues hésitations, je me rends à l'évidence et je me range à l'opinion déjà mise en avant par Ph. de Rougemont et adoptée par Al. Humbert, de l'origine cavicole des deux espèces en question.

Cela complique un peu les choses; au lieu de la notion très simple qui faisait la faune profonde descendue directement et uniquement de la faune littorale, je suis obligé de lui accorder une double origine, et de la faire venir:

1° De la faune littorale (la grande majorité des espèces),

2° De la faune des eaux souterraines (deux ou trois espèces).

Tel est le point de vue auquel je me range actuellement.

— Si cependant cette hypothèse n'était pas regardée comme valable, et si l'on en revenait à mon ancienne supposition, quelles seraient les conséquences théoriques de ce retour à

l'idée de l'origine littorale des Niphargus et Asellus aveugles des lacs? Ces conséquences seraient assez graves:

1° Nous augmenterions la puissance de l'action modificatrice du milieu. Le transport dans la région profonde des lacs, dans les limites de temps qui nous séparent de l'époque glaciaire, aurait suffi pour faire perdre totalement l'appareil de la vue à des animaux d'un type assez élevé. La perte est assez complète pour que, non seulement on ne voie plus l'œil, mais l'on ne retrouve plus traces du nerf optique.

2° La similitude presque absolue des modifications, qui portent chez les Niphargus, non seulement sur les appareils des sens ou de la vie de nutrition, mais encore sur la forme des pattes préhensiles et sauteuses, modifications qui sont identiques dans les variétés des puits et des différents lacs, impliquerait une corrélation de caractères telle que, dans des centres de différenciation absolument séparés, le résultat des modifications serait identique.

Ces conclusions découlent nécessairement de l'hypothèse que je crois inexacte.

— Quant à l'hypothèse que je défends aujourd'hui de l'origine cavicole de ces espèces, elle implique des relations entre le fond des lacs et les eaux souterraines, autrement dit l'ouverture de sources sous-lacustres dans la profondeur des lacs. Il n'y a aucune raison qui nous force à nier cette entrée, il y en a beaucoup qui nous engagent à l'affirmer.

Développons un peu cet ordre d'idées, et voyons où cela nous conduira.

L'existence dans tous les puits du continent de deux espèces de Crustacés, Niphargus puteanus et Asellus cavaticus nous fait croire à des communications directes entre ces puits; il doit exister une nappe d'eaux souterraines, habitée au moins par ces deux espèces, qui, privées de toute relation avec les eaux éclairées, y sont devenues aveugles. La nappe souterraine n'est pas nécessairement en communication continue dans ses différents districts; mais il y a eu communication temporaire, directe ou indirecte, entre tous les puits où ont pénétré nos deux Crustacés aveugles.

L'existence dans le fond des lacs de variétés, dérivées des espèces de la faune souterraine, nous démontre aussi des communications entre la région profonde des lacs et la nappe des eaux souterraines. Que ces communications soient temporaires ou continues, cela importe peu.

Mais ne devons-nous pas aller plus loin, et, de ces prémisses, conclure à des communications entre la région profonde des divers lacs? Ne devons-nous pas raisonner ainsi? Le fond du Léman est en relations avec la nappe des eaux souterraines puisqu'il en a reçu le Niphargus aveugle; de même le lac de Neuchâtel. Donc le lac de Neuchâtel est, par la nappe des eaux souterraines, en communication indirecte avec le lac Léman. Donc l'isolement des régions profondes des lacs, que nous avons admis comme indiscutable, dans nos études faunistiques, repose sur une erreur.

Devons-nous revenir en arrière et admettre des relations entre les faunes profondes des divers lacs? Je ne le crois pas.

De ce que les animaux des eaux souterraines ont pu passer dans le fond des lacs, il ne s'en suit pas que l'inverse soit possible. En effet les lacs sont toujours situés au point le plus bas des vallées; les eaux tendent de toutes parts à y affluer; donc, les sources sous-lacustres qui y aboutissent ne peuvent jamais se changer en émissaires; le courant y est toujours dirigé de la nappe souterraine vers le lac. Par conséquent les espèces animales ne sauraient être entraînées par les ouvertures de ces sources dans les canaux de la nappe souterraine.

Ce ne saurait donc être que les espèces animales disposées à lutter contre le courant, qui pourraient tenter de pénétrer dans ces canaux, à supposer que des individus de ces espèces se trouvent à portée de s'y engager. Ce ne sera le cas d'aucune espèce lacustre, qui, toutes sont des espèces d'eaux dormantes; ce ne seront que les espèces de la faune des eaux souterraines qui pourraient y trouver plaisir.

Nous n'avons donc, pour ces relations éventuelles entre la région profonde des divers lacs, à nous occuper ici que des espèces qui sont communes aux deux faunes, à la faune profonde lacustre et à la faune des eaux souterraines. Or ces espèces ne sont pas nombreuses. Ce sont Niphargus puteanus, Asellus cavaticus (A. Forelii), dont nous venons de parler longuement, puis Planaria cavatica S. Fries, à laquelle on peut penser à assimiler les individus aveugles, que nous avons pêchés dans le Léman, des Dendrocoelum lacteum et D. fuscum.

Pour toutes les autres espèces de la faune profonde des lacs je maintiens, jusqu'à preuve du contraire, l'isolement absolu de leur habitat; je prétends que, pour ces animaux, la région profonde des divers lacs n'a aucune communication et que la différenciation des formes s'y opère sans mélanges et sans relations.

§ VII. Espèces ou variétés?

Nous avons parlé souvent d'espèces ou de variétés; je crois urgent de donner quelques explications sur la question des catégories à employer dans la classification et la description des animaux de la faune profonde.

Il y a trente ans, avant la révolution que Darwin a amenée dans la compréhension du monde organique, il aurait été nécessaire de préciser avec grand soin le degré exact que les formes nouvelles doivent occuper dans la hiérarchie de la classification; alors que l'on attribuait à l'espèce la valeur d'une entité zoologique, il aurait été indispensable de déterminer si ces types distincts méritaient le titre d'espèces, de races, de variétés.

Aujourd'hui nos idées se sont modifiées; nous admettons entre les formes organiques une parenté généalogique; les expressions de genre, espèce, variété n'ont plus pour nous que la signification de degrés plus ou moins rapprochés dans la différenciation morphologique, entre des êtres descendant des mêmes parents. Il en résulte que la précision absolue dans l'emploi des qualificatifs hiérarchiques de la classification est beaucoup moins

indispensable. Chaque naturaliste, selon la tournure propre de son esprit, est disposé à augmenter ou à réduire le nombre des coupes spécifiques, à multiplier le nombre des espèces, ou à ramener à un petit nombre d'espèces les variétés nombreuses qu'il constate. Dans l'énumération zoologique des animaux de la région profonde, je me suis laissé guider en cela par les travaux de mes divers collaborateurs, et je n'ai pas essayé de réduire à un type uniforme la valeur hiérarchique des formes décrites. Je n'ai pas cru avoir le droit de reprendre en sous-ordre le travail de spécialistes, absolument compétents chacun dans le groupe d'animaux qu'il étudiait. Mais je crois cependant pouvoir exprimer ici la signification que personnellement j'attribue à ces formes nouvelles.

Les animaux du littoral, introduits eux-mêmes dans le lac à diverses époques, postérieurement à la fonte des grands glaciers quaternaires, ont donné naissance à une descendance dont les fortunes ont été diverses: quelques uns sont restés, de génération en génération dans la région littorale, et y ont continué le type spécifique de la forme littorale; d'autres ont été transportés, par migration active ou passive, dans la région profonde, les uns il y a des siècles, les autres il y a des années seulement. Ceux qui n'ont pas été immédiatement tués par les conditions nouvelles de vie, auxquelles ils ont été soumis, ont subi l'influence de ce milieu, et se sont modifiés plus ou moins rapidement et plus ou moins profondément, selon les espèces; ils ont produit des variétés spéciales, différentes, anatomiquement ou physiologiquement, du type primitif. Le degré de différenciation dépend pour chaque individu, d'une part de la variabilité plus ou moins élastique du type, d'une autre part du nombre de générations passées dans le nouveau milieu; de telle manière que la collection des innombrables individus d'une même espèce, existant aujourd'hui dans la région profonde, doit présenter tous les degrés possibles de différenciation, suivant que l'action différenciatrice a opéré sur un plus ou moins grand nombre de générations.

Je serais disposé à appeler d'un nom propre d'espèce chaque type qui s'est adapté aux conditions du milieu profond, (1) s'il a pris la forme définitive qu'il doit atteindre après un nombre infini de générations passées dans ce milieu; chacune de ces espèces profondes serait unie à l'espèce littorale par un nombre infini d'individus présentant tous les degrés de différenciation. (2)

(1) Chacune de ces espèces abyssicoles se décomposerait en autant de variétés qu'il y a de lacs dans lesquels elle habite. Exemple: Asellus Forelii, var. Lemani, var. Unterwaldensis, var. Anneciensis.

(2) Une *espèce* sera pour nous „*la collection des individus descendant d'un même type antérieurement différencié (espèce-mère), qui ont été soumis à des conditions de milieu nouvelles et qui ont atteint le summum de différenciation que peut apporter ce nouveau milieu.*

Cette espèce présentera des variétés locales si la différenciation s'est opérée isolément dans des centres isolés et distincts."

Il y a dans cette définition de l'espèce plusieurs notions:

1° Le fait d'une espèce antérieure, préalablement différenciée dans le milieu auquel elle était soumise.

2° Le fait du changement d'un milieu. Ce changement peut avoir lieu:

Dans la pratique cette vue théorique doit se traduire par la convenance de mettre entre les mains des spécialistes, qui veulent étudier nos faunes profondes, un nombre considérable d'individus de chaque espèce, présentant tous les degrés possibles de différenciation; au milieu de tous les degrés de transformation, ils arriveront à la caractéristique de l'espèce, modifiée à l'extrême. L'étude de quelques individus d'une première pêche n'est pas suffisante, car le hazard peut avoir fait rencontrer des animaux émigrés tout récemment dans les grands fonds, et qui par conséquent ne sont point encore définitivement différenciés.

§ VIII. Alimentation de la faune profonde.

Etudions maintenant les questions générales de la nutrition des animaux de la région profonde.

Nous avons déjà suffisamment traité de la respiration; nous avons vu que, dans les grands fonds des lacs, l'oxygène est dissous dans l'eau en quantité suffisante pour l'entretien de la vie; nous n'avons pas à revenir là-dessus. Quant au problème spécial de la respiration des larves d'Insectes et des Limnées, nous en parlerons plus bas.

L'alimentation des animaux de la région profonde est une question ouverte par le fait d'absence de la végétation, qui est la grande productrice des matières nutritives pour les animaux.

Tout d'abord, tous les animaux aquatiques de la région profonde sont, ou carnivores, ou omnivores; ils se mangent entr'eux; les plus gros dévorent les plus petits qu'ils capturent vivants; les plus petits déchirent les plus gros, lorsque ceux-ci sont à l'état de

---

ou bien par migration de l'espèce dans une région différente;

ou bien par modification du milieu physique de la région;

ou bien par intervention dans la lutte pour l'existence de nouveaux concurrents animaux ou végétaux.

3° Le changement dans le milieu peut être peu important, et alors il n'y aura pas de modifications morphologiques ou physiologiques dans la nouvelle espèce, qui sera identique à l'ancienne. Ou bien ce changement peut être important, et alors il y aura deux alternatives possibles :

a) l'espèce sera anéantie, incapable qu'elle est de s'adapter aux nouvelles conditions du milieu.

b) l'espèce sera modifiée par adaptation à ce nouveau milieu. Dans ce cas l'espèce nouvelle n'arrivera à sa perfection, c'est-à-dire à son maximum de différenciation, qu'au bout d'un nombre suffisant de générations.

4° Si des relations sont possibles entre les divers districts de la région (fonds de la mer, plaines, continents) et si des croisements faciles peuvent avoir lieu entre les individus de ces divers districts, l'espèce sera uniforme.

Si au contraire chaque district est isolé et sans communication directe avec les autres (fonds des lacs, îles, montagnes isolées), chaque groupe de famille de la nouvelle espèce, se différenciant indépendamment et pour son compte, sans croisements ni mélanges, il y aura production de variétés locales, lesquelles pourront différer plus ou moins les unes des autres.

cadavre. La matière organisée passe donc d'un animal à l'autre dans un cycle continu. Mais ce n'est qu'une partie de la masse des matières organiques, assimilées sous la forme de tissus animaux, qui reste ainsi dans l'alimentation animale; une autre partie, la plus grande partie, est enlevée à ce cycle. Ce sont les matières excrétées par l'animal vivant, sous la forme d'acide carbonique, d'urée et d'autres produits azotés, qui se dissolvent immédiatement dans l'eau, et qui ne sont plus ainsi directement assimilables par les animaux; dissoutes dans l'eau ces matières s'ajoutent à la réserve que nous avons vu être fort considérable dans le lac, et que nous avons indiquée sous les noms de matières organiques et acide carbonique libre. Il y a donc, par le fait des sécrétions excrémentielles des animaux vivants, destruction constante de matières organisées, déficit par conséquent de matières alimentaires.

Dans les régions littorales, où prospère une riche végétation de plantes vertes, ce déficit est bientôt comblé; les matières organiques dissoutes dans l'eau sont assimilées par les plantes et organisées à nouveau; la matière alimentaire est reproduite à nouveau. Mais dans la région profonde ce n'est plus la même chose. Dans la zône supérieure de cette région profonde, nous trouvons encore le feutre organique, et nous pouvons admettre une faible action actinique sur les algues cellulaires qui y végétent encore. Mais dans la zône absolument obscure de la région profonde, là où le règne végétal est totalement annullé, comment se comble le déficit de nourriture? Comment la provision de matières alimentaires ne s'épuise-t-elle pas?

Diverses solutions ont été données à ce problème (LXXXVIII).

Wallich, Hæckel et d'autres ont attribué aux Rhizopodes la faculté d'assimiler directement les matières organiques dissoutes dans l'eau; ils ont doué le protoplasma de ces Protistes élémentaires de fonctions considérées généralement comme propres au règne végétal seul. Cette hypothèse est devenue pour un temps célèbre, alors que les draguages profonds de l'Atlantique eurent découvert le Bathybius Haeckeli de Huxley, et fait admettre que la vase des grands fonds était recouverte d'une couche plus ou moins continue de cette gigantesque Monère. Mais elle est tombée depuis que les naturalistes du *Challenger* ont réfuté avec autorité l'existence du Bathybius. Que les masses floconneuses, décrites comme étant du protoplasma, soient un précipité de sulfate de calcium dans l'alcool (Buchanan), ou bien les mucosités excrétées par les animaux limicoles troublés par l'opération du draguage (rapports du *Travailleur)*, toujours est-il que l'existence même du Bathybius est absolument réfutée. J'ajouterai que je n'ai jamais rien vu dans les fonds du lac qui pût se rapporter de près ou de loin à du Bathybius, et que, pas plus que les explorateurs modernes de l'Océan, je ne suis disposé à l'admettre dans les eaux profondes.

Mais si nous ne reconnaissons pas la présence d'une Monère indéfinie et illimitée répandue sur le limon des grands fonds des lacs, l'existence de Protozoaires, de Protistes, d'êtres très inférieurs y est indiscutable. Ces êtres rudimentaires sont-ils capables, comme le voulait Wallich, d'assimiler directement la matière organique dissoute dans l'eau? Cela me semble fort probable.

En effet l'animal ne se nourrit pas uniquement de matériaux organisés ; les substances nutritives sont aussi bien reçues, et plus facilement digérées par nous, animaux supérieurs, quand elles sont sous la forme de solutions. Nos boissons artificielles, le vin, le café, le bouillon, sont des solutions concentrées, notre eau d'alimentation est une solution très diluée de matières organiques, n'ayant plus trace d'organisation, et de matériaux inorganiques. Tous ces matériaux, modifiés ou non par nos sucs digestifs, sont absorbés par les capillaires de l'intestin. L'animal est donc capable d'assimiler des matériaux dissous dans l'eau; il n'y a pas nécessité à ce que ceux-ci soient sous la forme organisée. Si le fait est possible pour les animaux supérieurs, pourquoi ne le serait-il pas pour les animaux inférieurs?

Nous avons la preuve de cette absorption de matériaux dissous dans l'eau, dans la production de la coquille calcaire des Foraminifères pélagiques marins, Globigérines, Orbulines, etc. Ces petits Protozoaires qui vivent par myriades à la surface des mers, loin des côtes, loin de toute matière solide, ne peuvent tirer que de l'eau limpide et sans poussières, dans laquelle ils nagent, les matériaux calcaires de leur coquille. C'est par absorption directe du carbonate calcaire dissous dans l'eau qu'ils sécrètent les coquilles délicates, dont les débris s'accumulant au fond de la mer, y constituent la Globigerin-ooze, la craie en voie de formation. De même pour la coquille siliceuse des Rhizopodes. Il est vrai que cette preuve de la faculté d'absorption par l'animal des matériaux dissous dans l'eau, ne se rapporte qu'à des substances minérales ; mais la démonstration du fait de cette absorption pour les substances minérales, rend probable l'absorption des substances organiques.

J'admettrai donc qu'une certaine quantité de matières organiques, dissoutes dans l'eau du lac, peut rentrer dans le cycle de l'organisation par voie d'absorption directe par les animaux. Mais cette quantité doit être très peu importante, étant donnée la très infime proportion de matériaux que contient l'eau du lac; 10 milligrammes de matières organiques par litre, cela représente une solution au cent-millième.

K. Möbius de Kiel (LXXXIX) fait venir de la région littorale la nourriture des animaux de la région profonde ; il suppose qu'elle descend dans les grands fonds, entraînée, soit par les courants thermiques, soit par l'éboulement naturel des talus inclinés. L'étude du limon des grands fonds nous montre relativement trop peu de débris venant directement du littoral, pour que nous puissions attribuer à cette action une puissance suffisante.

Si je ne puis admettre comme suffisamment efficace le transport des matériaux du littoral dans le fond par voie d'éboulement des talus, je crois cependant que ce transport se fait et qu'il y a lieu d'en tenir compte ; il a lieu, comme je l'ai dit, de deux manières :

1° Par la voie des courants de retour des grands vents, lorsque l'eau, salie par le choc des vagues sur la grève, revient dans le plein lac sous la forme d'un courant profond.

2° Par la voie de corps flottants à la surface, entraînés en plein lac par les courants, et qui sombrent dans la profondeur lorsqu'ils sont assez imbibés d'eau.

Wyville Thomson (XC) enfin va chercher dans les régions superficielles de la mer, à savoir dans la région pélagique, l'origine de la nourriture pour les grands fonds.

C'est à cette théorie que je me joins sans hésitation; pour nos lacs du moins c'est dans la région pélagique que se fait surtout le renouvellement de la provision de nourriture nécessaire à l'entretien de la faune profonde. Dans le limon des grands fonds, tel que nous l'étudions sur nos tamis, nous trouvons bien quelques débris organiques, venant, soit de la terre ferme, soit du littoral; ils ont été entraînés dans les grands fonds par les courants mécaniques et thermiques, ou mieux encore, la plupart après avoir flotté à la surface du lac ont sombré au fond du lac quand ils ont été assez allourdis par l'imbibition progressive de l'eau. Mais ces débris littoraux sont en fort petit nombre, comparativement aux myriades de carapaces d'entomostracés qui viennent de la région pélagique. Ces petits Crustacés, un peu plus lourds que l'eau, sombrent après leur mort, et les parties molles de leurs cadavres sont dévorées par les animaux de la faune profonde; les parties chitineuses restent comme témoins de l'importance de ce fait biologique, qui est absolument indispensable à l'existence de la faune profonde.

Pour être complet, ajoutons encore les excréments des Poissons pélagiques qui tombent au fond du lac, et doivent apporter un supplément de nourriture aux animaux coprophages de la région profonde; l'alimentation de ces poissons étant fondée sur les entomostracés pélagiques, nous n'avons ici qu'une variante dans l'alimentation de la faune profonde aux dépens de la faune pélagique.

En résumé j'estime que la nourriture de la faune profonde est tirée:

1° Des cadavres des animaux pélagiques.

2° Des débris animaux et végétaux venant de la terre ferme, ou de la région littorale du lac, et emportés dans la région pélagique, et sombrant ensuite dans la profondeur.

3° Des substances dissoutes dans l'eau, et assimilées directement par les animaux.

— Que deviennent les matériaux organiques assimilés par les animaux de la faune profonde? Une partie est brûlée dans le jeu de leur vie, et se dissout dans l'eau ambiante; une autre partie reste à l'état de tissus animaux. Quel est le sort de cette matière animale?

La grande majorité des cadavres des animaux de la région profonde sont mangés par les autres animaux, rapaces ou omnivores, dont les légions se précipitent, comme nous le voyons dans nos aquariums, sur toute proie offerte à leur voracité. Les parties dures, coquilles calcaires ou carapaces chitineuses, sont laissées dans la vase, et y sont dissoutes directement par l'eau (sels calcaires), ou bien s'y putréfient en se transformant en acide carbonique, et hydrures de carbone et en matières ammoniacales, qui se dissolvent dans l'eau. Quelques-unes enfin se fossilifient dans l'argile; mais dans notre lac Léman, c'est je crois le petit nombre.

Une autre partie sort du lac sous la forme de Poissons pêchés par l'homme ou par les Oiseaux aquatiques.

Une autre partie enfin, mais cela est limité, si je ne me trompe, à la région littorale ou à la zône supérieure de la région profonde, se développe sous la forme d'Insectes adultes, qui s'élèvent de l'eau, et sont la proie des Oiseaux, et spécialement des Hirondelles.

Le cycle de la destinée des matières organiques serait donc, dans nos lacs, à peu près le suivant :

Les eaux du lac contiennent une quantité à peu près constante de matières organiques dissoutes, acide carbonique, substances azotées, hydrocarbures ; ces matières se renouvellent sans cesse par les eaux des affluents qui en sont richement chargées, et par les animaux et plantes terrestres qui vont périr dans le lac. Une partie de ces matières organiques dissoutes s'échappent par l'émissaire et vont se perdre dans la mer. (1)

De ces matières organiques celles qui restent dans le lac sont successivement, ou assimilées directement par les animaux, ou réduites ou assimilées par les végétaux aquatiques, plantes de la région littorale, algues flottantes de la région pélagique. Elles prennent ainsi la forme de matières organisées. Les matières végétales sont, en partie, détruites par putréfaction et rendues à l'eau sous forme de matières solubles, ou dispersées dans l'atmosphère sous forme de gaz des marais. Mais en partie aussi, elles sont mangées par les animaux phytophages des faunes littorales et pélagiques, et passent à l'état de matières animales.

Des matières animales, les unes sont excrétées par les animaux vivants, à l'état de substances solubles qui se dissolvent dans la masse des eaux du lac, les autres se putréfient après la mort de l'animal, et sont dissoutes de même dans le lac, où elles rentrent dans la réserve de matières organiques utilisables, les autres enfin sont mangées par d'autres animaux carnassiers. Une faible partie de cette matière animale sort du lac sous la forme de poissons ou d'insectes aëriens.

Au point de vue de ce cycle d'utilisation des matières organiques, ce qu'il y a dans nos faunes lacustres de particulièrement intéressant, ce sont les relations nécessaires entre la région pélagique et la région profonde ; tandis que c'est en général sur place même que les matières organisées sont utilisées pour l'alimentation des animaux, dans les lacs, les matériaux organisés à la surface sont utilisés dans les grands fonds. La faune pélagique s'est nourrie des matériaux assimilés à la surface du lac. Après la mort des entomostracés pélagiques, il y a descente de leurs cadavres dans les grands fonds, où ils vont servir de nourriture à la faune profonde. Ils vont lui porter la nourriture assimilée à la surface du lac par les petites algues pélagiques.

D'après cela l'existence d'une faune et d'une flore pélagiques sont des conditions essentielles et indispensables au maintien d'une faune profonde.

§ IX. Différences locales de la faune profonde.

La faune profonde a des caractères généraux très semblables dans les différents lacs

(1) Un calcul approximatif me montre que, du 1er janvier au 31 décembre 1874, la quantité de matières organiques (révélables par le permanganate de potasse), qui se sont écoulées par le Rhône de Genève, s'élève à près de 70,000 tonnes de 1000 kilogrammes. Cette année 1874 a été plutôt au-dessous qu'au-dessus de la moyenne pour le débit de l'émissaire.

de la région qui nous occupe; c'est toujours le même groupe d'animaux limicoles qui habite ces profondeurs; les différences principales sont:

1° L'absence de certaines espèces dans certains lacs. Ainsi par exemple l'Asellus aveugle ne nous est connu que dans les lacs Léman, Annecy, Bourget, IV-Cantons; les Limnées n'ont été trouvées que dans la région profonde du Léman, du lac d'Annecy et du lac de Constance.

2° Des différences morphologiques de la même espèce, qui s'est différenciée pour son compte dans le milieu spécial, isolé et distinct de chaque fond de lac. Ainsi par exemple l'Asellus aveugle du lac d'Annecy et celui du lac des IV-Cantons forment deux variétés bien distinctes de l'Asellus Forelii du lac Léman.

3° Des différences dans la profondeur à laquelle habitent certaines espèces. Ainsi dans le lac de Zurich devant Wädensweil, je n'ai trouvé le Niphargus puteanus que dans des draguages à 90 m.; à 45 et 60 m. il faisait entièrement défaut [1], tandis que dans le Léman il abonde dès 40 m., et même 35 m. de profondeur. Ainsi encore j'ai trouvé l'Asellus aveugle dans le lac d'Annecy par 50 m. de fond, tandis que à Morges, dans le Léman son habitat normal ne commence qu'à 70 m.

Dans le même lac il y a des différences de deux ordres:

1° Des différences résultant de la profondeur. Certaines espèces sont cantonnées dans la zône supérieure, d'autres dans la zône inférieure de la région profonde. Ainsi par exemple c'est dans la zône supérieure seulement du lac Léman que nous trouvons le Pachygaster tau insignitus; cet Hydrachnide ne descend jamais au-dessous de 35 à 40 m.; au contraire c'est dans la zône inférieure qu'habite l'Asellus Forelii, qui ne se trouve pas normalement dans le Léman, à une profondeur moindre de 70 à 80 m.; les trouvailles que j'en ai faites par 60 et même 40 m. sont tout-à-fait exceptionnelles. [2]

2° Des différences dépendant de la station. Certaines régions sont plus ou moins inhabitées, comme par exemple celles que le Dr. Asper a reconnues devant Beggenried et Gersau, au lac des IV-Cantons et près du Mont Caprino au lac de Lugano. A côté de ces déserts, d'autres stations du même lac fournissent une faune abondante; ainsi par exemple le bras de Stanzstad, au lac des IV-Cantons.

Ce que je connais de plus caractéristique dans ces différences d'une station à l'autre, c'est l'habitat des Gammarides dans le lac de Zurich. Asper n'a jamais trouvé le Niphargus aveugle que devant Wädensweil. Les draguages que j'ai faits moi-même dans l'été de 1883 confirment ce fait. Devant Horgen j'ai obtenu en grande abondance le Gammarus pulex, mais pas un seul Niphargus quoique que j'aie poussé mes draguages jusqu'à 80 m.; tandis que devant Wädensweil, dès que je suis arrivé à 80 et 90 m., j'ai trouvé, outre les Gammarus, des Niphargus parfaitement caractérisés.

---

(1) Asper dit les avoir pêchés dès 40 m.

(2) Voir la note (1) de la page 172.

Ces différences d'une station à l'autre doivent surtout provenir de différences dans la nature du sol.

§ X. Variations de la faune profonde.

Y a-t-il des variations périodiques ou non-périodiques dans la faune profonde d'une même station?

Dans mes draguages faits devant Morges, je n'ai pas su reconnaître des variations saisonnières ou estivales. Ces variations existent-elles? Y a-t-il à certaines saisons plus grande ou moins grande abondance de certaines espèces? Je ne suis pas arrivé à le constater, et cela n'a rien de bien étonnant, si comme j'en suis convaincu, la faune profonde est bien établie dans la région, si elle s'y multiplie et s'y développe sur place. Il n'y a pas de saisons dans la région profonde; la température, le grand facteur variable de la périodicité estivale, y est toujours invariablement basse et froide; la lumière y est toujours, été comme hiver, nulle, ou très atténuée; les influences saisonnières doivent y faire défaut, et la vie doit échapper à ce cycle puissant, qui agit si fortement sur les fonctions des animaux et des végétaux de toutes les autres régions habitées. Si au contraire, les animaux que nous trouvons dans la région profonde étaient simplement des égarés de la région littorale, entraînés par le jeu des courants dans cette région, où ils seraient incapables de s'établir et de se multiplier, si cette hypothèse que j'ai suffisamment réfutée était vraie, nous verrions certainement de grandes variations saisonnières dans la population de la région profonde, variations liées aux variations fortement caractérisées de la faune littorale.

Il y a cependant des variations dans la faune profonde, variations difficiles à constater, mais dont je crois avoir reconnu les indices.

Ainsi par exemple dans mes premiers draguages de 1867 à 1873, j'ai trouvé devant Morges, des Limnées en assez grande abondance; j'en trouvais plusieurs exemplaires adultes dans chaque draguage, la L. abyssicola A. Brot, plus rarement la L. profunda S. Clessin (L. stagnalis, var. A. Brot). Plus tard, lorsque je suis entré en relation avec S. Clessin, j'ai voulu lui envoyer des Limnées; mais tout d'abord j'en ai peu trouvé; ces Gastéropodes étaient devenus fort rares; puis ce que j'expédiai à Clessin n'était point la L. abyssicola, mais bien le type qu'il a désigné sous le nom de L. Foreli. Pour étudier la L. abyssicola il a dû demander à M. Brot communication des échantillons que j'avais envoyés à celui-ci quelques années auparavant. Il y avait eu modification complète de la population des Limnées, dans la même station, en un petit nombre d'années.

Cet exemple montre qu'il peut survenir des variations considérables dans la population de la région profonde; ces variations sont évidemment dues aux hazards de l'immigration des espèces de la région littorale qui sont entraînées dans la profondeur et s'y établissent pour un temps, ou définitivement.

§ XI. Questions spéciales intéressant certaines espèces.

Après avoir traité les problèmes généraux intéressant la vie des animaux de la faune profonde, étudions quelques-unes des questions spéciales qui touchent à certains groupes ou à certaines espèces.

I. Insectes Diptères.

Ces animaux n'existent dans le lac qu'à l'état de larves; leur état parfait ne pouvant se passer que dans l'air, comment peuvent-ils accomplir le cycle de leurs métamorphoses dans la région profonde du lac?

Les Diptères à larves lacustres pondent en général leurs œufs sur les corps solides à demi immergés; ces œufs sont agglutinés ensemble en longues chaînes formant des filaments mous, jaunâtres ou blanchâtres, qui plongent dans l'eau. C'est en automne et en hiver que nous voyons les paquets de ces œufs dessiner une bande jaunâtre sur les murs de nos quais et sur les plantes aquatiques, dont les sommets émergent dans la beine. Au bout de quelques jours les œufs éclosent, et les petites larves se dispersent dans la vase de la beine. Si pendant ce temps de la ponte et de l'éclosion, il s'élève des vagues un peu fortes, les paquets d'œufs peuvent être arrachés de leurs supports, ou les larves être entraînées, et les courants peuvent les disperser à la surface du lac. De là ils doivent sombrer dans la profondeur, et nous comprenons fort bien, comment doit s'accomplir le peuplement de la région profonde, par ces germes, ou ces jeunes insectes, arrachés au littoral.

Dans le limon de la région profonde nous trouvons les larves de diverses espèces à divers degrés de développement; mais je n'ai pas su remarquer de différences saisonnières, suivant lesquelles, à certaines époques, il y aurait plus ou moins de jeunes larves, ou de larves plus âgées. Il est possible qu'à ce point de vue mes observations soient insuffisantes; cependant le fait que je crois avoir vu, à savoir un mélange à peu près uniforme de larves d'âges différents, peut fort bien s'expliquer par l'hypothèse que je vais proposer.

Lorsque j'étudie le produit de mes draguages, immédiatement au moment où je viens de le sortir du fond du lac, je ne trouve pas de nymphes [1]; si au contraire je laisse le limon, et les larves qu'il contient, séjourner pendant quelques temps dans des bassins, je rencontre bientôt des nymphes, et je vois même parfois s'opérer la métamorphose en insecte parfait.

---

[1] Je ne veux cependant pas être trop affirmatif sur ce point. Je suis très sûr d'avoir vu des larves se transformer en nymphes après quelques jours de séjour dans mes bassins. Je suis très sûr de la grande rareté des nymphes dans le limon au moment où je viens de le draguer. Mais de l'absence absolue des nymphes dans la profondeur du Léman, je ne puis pas être complétement certain. En tous les cas, j'ai vu une nymphe de Chironomide dans le produit d'un draguage fait à 50 m. dans le lac d'Annecy, quelques instants après qu'il avait été sorti du lac.

En aucune saison je ne vois, à la surface du lac, dans la région pélagique, des larves ou des nymphes de Diptères en voie de métamorphose (1). Ce fait s'observe en revanche chaque année dans la région littorale, où l'on voit alors l'eau couverte de milliers de carapaces chitineuses des nymphes dont l'insecte parfait vient de s'échapper; dans la région pélagique qui forme la partie superficielle de la région profonde, je ne l'ai jamais constaté. (2). Les larves de Diptères en question nagent du reste fort mal; elles sont absolument incapables de s'élever entre deux eaux.

J'ai essayé dernièrement de juger la question par une observation indirecte. Si les larves des Chironomides de la région profonde se métamorphosent en insectes parfaits, elles doivent monter à la surface; en traversant la région pélagique, elles doivent devenir la proie facile des poissons insectivores; on doit les retrouver dans l'estomac des Corégones. Malheureusement j'ai pensé à cette recherche trop tard, et j'ai été surpris par la période de prohibition absolue de la pêche, qui, pour la première fois, a été introduite sur le lac Léman, du 15 avril au 31 mai 1884. Aussi n'ai-je pu étudier à ce point de vue qu'un nombre insuffisant de poissons. Toujours est-il que deux Féras, que j'ai autopsiées le 12 avril, avaient leur estomac rempli d'entomostracés, mais ne contenaient pas un seul débris de larve de Diptère. (3) Sans donc que je puisse donner la démonstration comme probative, je puis cependant en indiquer les résultats provisoires comme favorables à mon hypothèse.

Je ne crois pas faire erreur en admettant que les larves de la région profonde ne viennent pas subir leurs métamorphoses à la surface de la région pélagique; or comme il n'est pas possible que ces larves en rampant sur le sol sachent regagner le littoral pour y subir leurs métamorphoses, j'arrive à la conclusion que ces larves ne se transforment pas en insecte parfait. Le cycle des métamorphoses ne s'accomplit pas pour les larves d'insectes de la région profonde.

Devons-nous interpréter ces faits en supposant que ces larves sont chaque année importées dans la région profonde à l'état d'œufs ou de jeunes larves, qu'elles y vivent et qu'elles y meurent sans donner de descendance? Cela représenterait une dépense bien étrange et bien inutile des germes, reproducteurs des espèces littorales; la chose n'est cependant pas impossible.

Je l'estime cependant improbable si je considère la grande abondance des larves d'insectes de la région profonde. C'est par dixaines, c'est quelquefois par centaines que j'en

---

(1) Une seule fois j'ai noté une larve d'Ephémère nageant à la surface du lac, à environ un kilomètre de la rive; elle semblait complétement égarée et je suis convaincu qu'elle avait été entraînée par les courants loin du littoral qu'elle habitait.

(2) Dans quelques cas où la région pélagique était salie par les dépouilles des nymphes d'insectes, il y avait eu évidemment transport par des courants des eaux du littoral.

(3) J'ai répété l'expérience au mois de juin 1884 avec le même résultat négatif.

compte dans chaque draguage dans les profondeurs moyennes devant Morges, c'est par centaines qu'il y en a dans chaque mètre carré du sol. Or quelque abondante que l'on puisse rêver la ponte de ces diptères à la rive, il n'est pas admissible qu'une dissémination fortuite, livrée au hazard des vagues ou des courants, suffise à expliquer une dispersion aussi abondante et aussi régulière. De plus nous devrions observer une grande irrégularité d'une année à l'autre, suivant que la ponte des diverses espèces aurait coïncidé avec un temps de grande agitation du lac, favorable à la dispersion des œufs, ou avec un temps calme qui serait impropre à une telle dispersion. Des différences annuelles de cet ordre ne nous auraient probablement pas échappé.

Il y a une autre interprétation des faits. O. Grimm de St-Petersbourg (XCI) a décrit une reproduction *pédogénétique* des Diptères. Il a vu ces insectes, encore à l'état de larve, présenter déjà un état de maturité suffisant des ovaires pour pondre des œufs capables de se développer. J'ai lieu de supposer qu'il en est de même pour nos Chironomides de la région profonde. Deux fois j'ai vu le corps de nos larves transparentes verdâtres être remplis d'œufs reconnaissables à leur taille et à leur forme; d'une autre part, j'ai plusieurs fois dans mes draguages profonds trouvé des œufs de Diptères agglomérés ensemble en paquets discoïdes. Ces observations ne sont malheureusement pas assez complètes pour que je puisse être très affirmatif; mais je suis tout disposé à croire que dans la région profonde du lac nos larves de Diptères (ou quelques-unes d'entre elles du moins) se reproduisent par pédogenèse, c'est-à-dire pondent des œufs avant d'arriver à l'état parfait, que ces larves restent à l'état larvaire, et ne viennent jamais à l'air subir leur métamorphose en insecte parfait.

Ainsi seulement s'expliquerait d'une manière satisfaisante la masse énorme de larves d'insectes dans la profondeur du lac; car la dissémination fortuite d'œufs venant du littoral serait bien loin de suffire à la reconstitution annuelle de cette population nombreuse de larves, qui iraient accidentellement s'égarer et s'anéantir loin du bord.

Cette question est du reste très délicate et très difficile. Elle mériterait d'être reprise avec attention par un spécialiste qui y vouerait tous ses soins.

La respiration de ces larves de Chironomides se fait par les branchies imparfaites qui ornent la partie postérieure du corps de l'animal. Vu le peu de développement de ces organes, et étant connus les mœurs limicoles de ces larves, qui vivent dans des galeries creusées dans la vase, où l'eau doit très mal circuler et très mal se renouveler, les phénomènes respiratoires doivent être très peu actifs.

Ces larves ont un système trachéal normal, venant s'ouvrir au dehors par des stigmates; mais ce qui est propre à nos larves de Diptères de la région abyssale, ce qui les sépare de tous les autres insectes connus, c'est que leurs trachées ne contiennent pas d'air; elles sont remplies d'eau. Vues au microscope elles sont fort difficiles à discerner, et ne présentent pas les lignes noires, fortement réfringentes, des parties remplies de gaz à l'état aëriforme. Ces trachées existent cependant, et ne sont point obstruées; elles ne sont que

remplies d'eau; en effet si on laisse, quelques heures ou quelques jours, dans des bassins, les larves d'un draguage profond, elles viennent bientôt aspirer l'air, et leur réseau trachéal se vide progressivement d'eau pour se remplir de gaz. L'absence d'air des trachées d'animaux vivant dans la région profonde s'explique par le fait que les insectes en question ne viennent jamais en relation avec l'air atmosphérique; les gaz, qui remplissent les trachées dans un insecte aërien, ne sont pas un produit de sécrétion de l'animal; leur introduction dans le corps est un fait purement mécanique, plus ou moins analogue à l'inspiration dans le poumon d'un vertébré. Comme il n'y a point de gaz à l'état aëriforme dans la région profonde, le remplissage des trachées ne peut pas s'y effectuer.

Il est une généralisation intéressante, que nous pouvons faire au sujet de ces trachées d'Insectes, remplies d'eau; c'est l'analogie évidente entre ces organes et les vaisseaux aquifères des Vers (1). Chez les animaux de toutes les classes du type des Vers, on connaît un réseau de canaux très fins et délicats pénétrant dans l'intérieur du corps, où ils se ramifient ou s'anastomosent. Par leur forme, leur distribution et leur structure, ils rappellent de très près les trachées des insectes. Mais ils sont remplis d'eau, et on leur attribue généralement les fonctions d'organe d'excrétion. Ne pourrait-on pas, outre la ressemblance morphologique, admettre entre les vaisseaux aquifères des Vers et les trachées aëriennes des insectes une parenté organogénique. De même que nous voyons les trachées aquifères des larves d'insectes de la région profonde se remplir de gaz, et devenir des trachées aëriennes, quand l'animal est venu au contact de l'air, ne pourrions nous pas considérer comme probable que, dans les phases du développement du type de l'Insecte, les vaisseaux aquifères du Ver se sont transformés en trachées aëriennes, lorsque l'animal a eu besoin d'une respiration plus active.

II. Hydrachnides.

L'Hygrobates longipalpis, qui est fort abondant dans la région profonde du Léman et d'autres lacs, montre un fait curieux de défense dans la lutte pour l'existence. Je l'ai souvent mis dans des aquariums en compagnie de poissons divers, et j'ai toujours constaté avec étonnement la manière dont les poissons le respectaient; j'ai noté vingt fois que les poissons, avides comme on le sait de toute espèce de proie animale, qui se précipitent immédiatement sur tout animalcule nageant dans l'eau, passent à côté de ces Hydrachnides avec le plus souverain mépris. Une seule fois j'ai vu un Rotengle en manger deux.

Quelle est la cause de ce dédain? l'Hydrachnide est-il protégé par un goût désagréable ou par une odeur répugnante? Je ne saurais le dire.

III. Crustacés aveugles.

J'ai déjà suffisamment étudié la question de l'origine des deux Crustacés aveugles de la région profonde, le Niphargus puteanus et l'Asellus Forelii; je n'ai pas ici à revenir là-dessus.

(1) Je dois cette remarque à mon collègue M. le prof. Ed. Bugnion de Lausanne.

IV. Acanthopus.

Les relations de ces petits Ostracodes avec les Cythéridés marins sont fort intéressantes, les deux espèces de ce genre décrites par M. H. Vernet étant les seules connues de Cythéridés d'eau douce.(1) L'on pourrait à leur sujet discuter l'histoire probable de l'introduction de formes marines dans la région profonde du Léman. Mais les hypothèses assez compliquées, que l'on serait entraîné à faire, pour rendre compte d'une telle migration dans un lac qui n'a jamais eu de relations directes avec la mer, seraient actuellement trop prématurées. Il est prudent d'attendre pour laisser s'égarer ainsi notre imagination de naturaliste que l'absence des Acanthopus, ou de formes parentes, ait été constatée soit dans la faune littorale du Léman, soit dans les faunes lacustres des autres lacs, soit dans les eaux terrestres. Jusqu'à présent ces très petits Ostracodes n'ont été trouvés que dans la région profonde du Léman; mais la certitude de leur absence ailleurs n'est pas assez assurée, et je n'oserais pas me baser sur des faits négatifs aussi peu certains.

V. Mollusques. Respiration des Limnées.

Les Limnées sont des Gastéropodes pulmonés, qui respirent en introduisant l'air en nature dans leur sac pulmonaire. Comment s'opère la respiration des trois espèces que nous trouvons dans la région profonde du Léman,(2) bien loin de tous rapports possibles avec l'atmosphère?

Lorsque j'ouvre sous l'eau le sac pulmonaire d'un de ces Mollusques, je constate qu'il est vide d'air, ou plutôt qu'il est plein d'eau. Comme nous l'avons vu pour les trachées des larves de Diptères, ce fait s'explique par l'absence de gaz à l'état aëriforme dans la région profonde, et par l'impossibilité où sont ces animaux, à reptation fort lente, et incapables de natation, de venir faire à l'air leur provision de gaz respirable. Il en résulte que ces animaux pulmonés sont transformés en animaux à respiration aquatique, et cela sans qu'ils possèdent l'appareil branchial caractéristique de la plupart des animaux vivant dans l'eau. Je n'ai du moins pas su découvrir de modifications sensibles au sac pulmonaire de ces Limnées, rien qui montrât l'apparition d'un organe branchial.

Que la respiration s'effectue suffisamment pour eux dans ces conditions défavorables, cela résulte du nombre considérable de ces animaux et de la manière énergique dont ils se reproduisent; leurs œufs et les jeunes animaux sont très fréquents dans la région profonde. Du reste, cette suffisance de la respiration aquatique pour des animaux à respiration aërienne, plongés dans la région profonde, étant déjà constatée par le fait des larves d'insectes, elle est bien plus explicable chez les Mollusques que chez les Diptères. Chez

(1) Sars indique cependant des Cythéridés parmi ses espèces marines reléguées dans les profondeurs des lacs Scandinaves (CXVII).

(2) Je rappelle que des Limnées ont été trouvées dans la région profonde des lacs de Walenstadt, IV-Cantons et Côme (Asper), de Constance (C. Th. de Siebold), Léman, lacs de Zell et d'Annecy (F. A. Forel).

les Limnées en effet toute la surface cutanée est molle et vascularisée; elle peut fonctionner comme un appareil branchial diffus, et effectivement quelques genres de Mollusques ne possèdent que la respiration cutanée (Dermatobranches).

Du reste, si l'on y donne attention, le fait de Limnées respirant l'air dissous dans l'eau n'est pas aussi extraordinaire qu'il le semble au premier abord.

Ainsi que l'a montré le Dr. A. Pauly, de Munich [1] dans une étude spéciale de la question (XCII), des Limnées restent fort souvent et fort longtemps sans venir respirer à l'air; il l'a observé à l'état de nature; il l'a constaté après Moquin-Tandon dans des expériences où il entravait l'accès à l'air. Dans la plupart des cas cités par Pauly, le poumon était plein d'air; dans quelques circonstances, où il semblait impossible aux Limnées d'arriver à l'atmosphère, Pauly explique la présence de cet air par l'aspiration ou déglutition qu'il a constatée de bulles de gaz adhérentes aux corps submergés. Mais dans quelques cas le sac pulmonaire ne contenait que de l'eau.

Aux exemples qu'il a cités, j'en veux ajouter un qui me semble fort démonstratif:

Sur les pierres de la beine littorale du Léman, par 3 à 6 m. de profondeur d'eau (ruines de la cité lacustre de Morges), je trouve un grand nombre de Limnées, L. auricularia, qui n'ont aucune possibilité de venir à l'air; il n'y a là aucune plante aquatique qui élève ses rameaux jusqu'à la surface. D'une autre part ces mollusques sont trop lourds pour imiter leurs congénères des marais, pour se détacher du sol et venir flotter sur l'eau; leur densité est toujours supérieure à celle de l'eau, et soulevés, ils retombent pesamment au fond. J'en ai étudié un grand nombre d'individus, et j'ai constamment trouvé leur poumon rempli d'eau. Nous avons donc là, déjà dans la région littorale, un fait identique à celui des Limnées de la région profonde, qui sont entièrement vouées à la respiration aquatique.

Une transition à ce cas extrême de respiration uniquement aquatique, s'opérant à la fois par la surface cutanée et par la muqueuse du sac pulmonaire, nous est donnée par les Limnées qui, après avoir rempli d'air leur sac pulmonaire, soit qu'elles aient été chercher cet air à la surface, soit qu'elles aient ingurgité des bulles d'air immergées, restent fort longtemps sous l'eau sans venir respirer à la surface. La petite provision d'air qu'elles ont pu emmagasiner dans leur cavité pulmonaire, doit avoir son oxygène bien vite épuisé, et cependant ces animaux peuvent demeurer sous l'eau des jours, des semaines, des mois, sans renouveler leur air respiratoire. Dans ce cas le poumon doit cesser de fonctionner comme organe respiratoire, et la respiration est uniquement limitée à la surface cutanée.

---

[1] A la suite de nos découvertes, dans la faune profonde des lacs suisses, de Limnées respirant l'air en nature, le prof. C. Th. de Siebold rappela l'observation qu'il avait faite en 1857 dans le lac de Constance. Il avait rapporté dans ses filets, gisant à 70 m. de profondeur, des Limnées vivantes (CXIII). Le vénérable professeur de Munich fit proposer comme sujet d'un prix académique pour l'année 1875—1876, la question de la respiration aquatique de ces Limnéides. C'est comme réponse à cette question que le Dr. A. Pauly a présenté sa dissertation (XCII), qui, à bon droit, a été couronnée.

Aux exemples cités par Pauly je joindrai encore un fait général. Ce n'est guère que par les beaux jours de grande chaleur que les Limnées des eaux superficielles viennent ouvrir, à la surface de l'eau, l'orifice de leur cavité pulmonaire; pendant toute la saison froide elles restent sous l'eau, et se contentent de leur respiration cutanée. Lorsque l'eau devient très chaude, elles semblent sentir le besoin d'une plus grande quantité d'oxygène, et elles viennent chercher l'air respiratoire en nature à la surface de l'eau.

La température étant toujours très froide dans la région profonde du lac, la respiration cutanée aquatique suffit de même à ces mollusques soi-disant pulmonés; ce n'est pas à dire qu'ils n'utilisent pas leur sac respiratoire pour y introduire de l'eau et aider ainsi à la respiration cutanée.

La facilité avec laquelle les Limnées des eaux superficielles, qui ont pendant tout l'hiver respiré, uniquement par la peau, les gaz dissous dans l'eau, reprennent dans les premiers beaux jours la respiration pulmonaire aërienne, nous explique un fait qui m'a longtemps paru fort étrange. Quand je retire des grands fonds des Limnées, qui ne sont jamais venues à l'air et qui dans toute leur vie n'ont respiré que les gaz dissous dans l'eau, quand je les établis dans un aquarium, elles viennent de suite à la surface et remplissent immédiatement d'air leur cavité pulmonaire; ([1]) elles subissent donc sans transition une transformation complète de leur fonction respiratoire, laquelle se perfectionne subitement en augmentant énormément d'intensité. Or ces animaux ne paraissent point souffrir de cette révolution physiologique, et après cette épreuve, elles vivent encore fort longtemps dans l'aquarium. Je m'étonne moins aujourd'hui de la facilité avec laquelle elles supportent une crise aussi violente, du moment que j'ai constaté, que les Limnées des eaux superficielles passent toutes, chaque année, par des transformations analogues et aussi rapides.

VI. Pisidiums.

Les Pisidies de la région profonde de nos lacs ont été étudiées par un spécialiste de grand mérite, S. Clessin autrefois à Regensbourg, aujourd'hui à Ochsenfurt. Utilisant les matériaux fournis par Asper, Suter-Næf, de Zurich, et moi-même, il a pu comparer ces petits mollusques provenant de 18 lacs différents. C'est le seul groupe d'animaux pour lequel nous possédions une étude comparative aussi complète; aussi vu le grand intérêt de la question, je vais essayer d'analyser les résultats généraux des travaux ([2]) de Clessin.

([1]) M. Pauly, en répétant mon observation sur les Limnées du lac de Starnberg, a constaté qu'elles semblent d'abord fort inhabiles à cette respiration aërienne; elles sortent trop haut hors de l'eau, et font des mouvements inutiles. Plus tard tout se régularise (XCII).

([2]) Les travaux de M. Clessin traitant des Pisidies de la faune profonde des lacs subalpins sont: Les Pisidiums (Mat. XX et XXXV). Die Mollusken der Tiefenfauna unserer Alpenseen (XLV) p. 179. Beiträge zur Molluskenfauna der oberbayerischen Seen (XLIV) p. 107. Deutsche Excursions-Molluskenfauna (CXXV) p. 534.

Il a donné des noms spécifiques à ces divers Pisidiums; en voici d'abord l'énumération avec l'indication bibliographique (1) suffisante pour faire retrouver les descriptions:

Pisidiums de la région profonde.

1. Pisidium profundum	Léman	F. A. Forel	*Mat.*	*XXXV*	*p. 273*
2. P. urinator	Zurich, Sils (?)		»	»	*p. 270*
3. P. occupatum	Neuchâtel		»	»	*271*
4. P. Foreli	Léman, Zellersee		»	»	*269*
5. P. demissum	Zellersee		»	»	*268*
6. P. submersum	Starnbergersee (2)	S. Clessin	Tiefenfauna	XLV	p. 179
7. P. prolungatum	{ Walenstadt, Neuchâtel { Bourget, IV-Cantons		»		180
8. P. conventus	Starnbergersee		»		181
9. P. tritonis	Greifensee	Suter-Næf (XCIII)	Tiefsee-Mollusken.		
10. P. imbutum	Pfäffikon	»	»		
11. P. quadrangulum	IV-Cantons	»	»		
12. P.	Egerisee	»	»		
13. P. Asperi	Zoug, Klönsee	»	»		
14. P.	Zoug	»	»		
15. P. fragillimum	Silvaplana	»	»		
16. P. miliolum	Côme, Annecy	»	»		
17. P. italicum	Lugano, Majeur	»	»		
18. P. italicum, var. locarnense	Majeur	»	»		
19. P. Novaevillae	Bienne	S. Clessin	in litt.		

Toutes ces formes diffèrent assez entr'elles pour que Clessin ait cru pouvoir leur attribuer la valeur d'espèces distinctes.

Elles ont toutes cependant des traits communs que notre auteur a résumés comme suit (XLV): « Taille petite, coquille mince, le plus souvent transparente, cornée, sommets peu saillants, mais relativement larges, coquilles peu ventrues, absence absolue des lignes annuelles d'accroissement. Mécanisme de la charnière relativement lâche, dents peu aiguës ou réduites en nombre. »

Ces caractères généraux sont faciles à interpréter. L'absence de différences saisonnières de la région profonde rend compte de la suppression des couches d'accroissement annuel; la pauvreté de la nourriture et l'absence d'agitation de l'eau nécessitent une plus

(1) Les N°s 9 à 18, déjà indiqués dans la liste de Suter-Næf, et le N° 19 que Clessin m'annonce dans sa correspondance, seront publiés et décrits ultérieurement par Clessin.

(2) Je fais entrer dans cette série les Pisidies du lac de Starnberg en Bavière. Comme nous le verrons plus loin, ce lac a tout-à-fait les caractères des lacs de la région subalpine que nous étudions ici.

grande mobilité de l'animal, qui doit chercher son alimentation dans un cercle plus élargi. Les sommets larges, mais peu saillants, montrent que le jeune animal n'est expulsé du corps de la mère que lorsqu'il a atteint des dimensions relativement assez fortes; aucune perturbation du reste ne trouble son développement. Quant à la charnière son mécanisme est assez lâche, et parfois réduit; les dents sont moins aiguës que dans les espèces littorales, (1) chez lesquelles l'agitation de l'eau exige une plus grande solidité d'articulation.

Ces traits généraux communs donnent à nos Pisidies de la faune profonde un habitus spécial, caractéristique, très nettement différencié; si les détails anatomiques varient d'une forme à l'autre, l'apparence générale reste toujours à peu près identique.

D'après l'énumération que nous venons de donner, les 19 espèces de Clessin seraient presque toutes spéciales à un seul lac; elles seraient différentes d'un lac à l'autre. Il a cependant reconnu l'identité probable des formes suivantes:

Pisidium Foreli dans le Léman et le lac de Zell.

P. prolungatum dans les lacs de Walenstadt, IV-Cantons, Bourget, et Neuchâtel.

P. urinator, dans les lacs de Zurich et de Sils (2) (Engadine).

P. Asperi dans les lacs de Zoug et de Klönthal.

P. miliolum dans les lacs de Côme et d'Annecy.

P. italicum dans le lac de Lugano et le lac Majeur.

Pour toutes les autres espèces elles seraient spéciales au lac où elles ont été découvertes.

Quant à l'origine probable de ces espèces, M. Clessin a essayé de la déterminer d'après les caractères anatomiques; voici les descendances qu'il croit pouvoir indiquer. Il fait venir ses Pisidiums de la région profonde de quatre espèces, à savoir: (3)

1° Pisidium fossarinum, d'où P. occupatum, submersum, prolungatum, tritonis, imbutum, et demissum.

2° Pisidium milium d'où P. urinator, quadrangulum, Asperi, fragillimum, miliolum.

3° Pisidium nitidum d'où P. Foreli, conventus et Novaevillae.

4° Pisidium italicum d'où P. locarnense.

Pour P. profundum, Clessin ne sait indiquer aucune descendance directe. Il fait remarquer qu'aucune de ses espèces ne semble provenir de P. Henslowianum, si vulgaire dans toutes les eaux superficielles.

(1) Dans Pis. urinator il manque les dents latérales externes de la coquille de droite.

(2) Cependant il met un point de doute pour cette dernière localité.

(3) J'appliquerai pour ces Pisidies la notion de l'espèce telle que je l'ai exposée plus haut en admettant les divisions de Clessin. Cela me servira d'exemple pour illustrer mon interprétation des faits biologiques et généalogiques de la région profonde. J'admettrais quatre espèces profondes:

Espèce A	dérivée du Pisidium fossarinum.		
Variation du lac de Neuchâtel	α	P. occupatum	S. Clessin
„ de Starnberg		P. submersum	id.
„ de Walenstadt		P. prolungatum	id.

J'essaierai de résumer à ma manière les études de S. Clessin, dans les conclusions suivantes :

1° Les Pisidiums de la région profonde descendent des espèces littorales, qui ont émigré dans la profondeur.

2° Ils se sont modifiés anatomiquement et physiologiquement dans ce nouveau milieu.

3° Tout en se modifiant ils ont gardé des caractères anatomiques qui permettent dans certains cas de retrouver l'espèce originelle d'où provient l'espèce profonde.

4° Les Pisidiums de la région profonde ont tous pris un habitus général commun et caractéristique.

5° Malgré ces traits communs, la différenciation s'opérant dans des milieux différents, dans des lacs séparés et indépendants les uns des autres, a amené à des résultats différents dans chaque lac.

	Variation du lac du Bourget	P. prolungatum	S. Clessin.
	„ des IV-Cantons	id.	id.
	„ de Neuchâtel β	id.	id.
	„ de Greifensée	P. tritonis	id.
	„ de Pfäffikon	P. imbutum	id.
	„ de Zell	P. demissum	id.
Espèce B	dérivée de Pisidium milium.		
	Variation du lac de Zurich	P. urinator	S. Clessin
	„ des IV-Cantons	P. quadrangulum	id.
	„ de Zoug	P. Asperi	id.
	„ de Klönsée	id.	id.
	„ de Silvaplana	P. fragillimum	id.
	„ de Côme	P. miliolum	id.
	„ d'Annecy	id.	id.
Espèce C	dérivée de Pisidium nitidum.		
	Variation du lac Léman	P. Foreli	S. Clessin.
	„ de Zell	id.	id.
	„ de Starnberg	P. conventus	id.
	„ de Bienne	P. Novaevillae	id.
Espèce D	dérivée de Pisidium italicum.		
	Variation du lac de Lugano	P. italicum	S. Clessin.
	„ Majeur α	id.	id.
	„ Majeur β	var. locarnense	id.

Ensemble quatre espèces et 23 variétés.

Les variétés de l'espèce A seraient semblables dans les lacs de Walenstadt, du Bourget, des IV-Cantons et de Neuchâtel. Les variétés de l'espèce B seraient semblables dans les lacs de Zoug et de Klönsée d'une part, de Côme et d'Annecy d'autre part. Les variétés de l'espèce C seraient semblables dans le Léman et le lac de Zell. Les variétés de l'espèce D seraient semblables dans les lacs Majeur et de Lugano, une autre variété serait spéciale au lac Majeur. Les autres variétés seraient propres au lac où elles ont été trouvées. Dans chacun des lacs de Neuchâtel et Majeur il y a deux variétés des espèces A et D. Je laisserai à celui qui admettrait ma proposition le soin de donner des noms latins à ces quatre espèces A, B, C et D et d'appliquer des adjectifs latins aux différentes variétés des divers lacs.

6° Ces produits de différenciation sont cependant parfois assez semblables pour qu'on puisse signaler l'identité de quelques espèces dans deux lacs différents.

VII. Saenuris velutina Ed. Grube.

Cette belle espèce de Chétopode, dont nous avons donné la description, d'après Grube qui l'a étudiée vivante à Morges, est très abondante dans la région profonde de beaucoup de lacs. Je l'ai pêchée dans les lacs Léman, Bourget, Annecy, Neuchâtel, Zurich; Asper la signale dans le lac de Côme.

D'après Grube elle se distingue par la disposition des soies à crochets et des poils, soit de la Naïs papillosa Kessl. du lac Ladoga, soit du Tubifex papillosa Clap. de la mer; ces deux espèces lui ressemblent par la peau recouverte de papilles.

Quelle est l'origine du Saenuris velutina? Je l'ignore. Jusqu'à présent je ne l'ai jamais rencontré dans la région littorale ni du Léman, ni d'aucun autre lac. Mais il y a tant de variétés dans le facies limoneux de la région littorale, que je ne puis me flatter de les avoir toutes explorées, et peut-être un jour aurons-nous pour cette espèce la même surprise que pour le Plagiostoma Lemani et l'Otomesostoma Morgiense; après avoir découvert ces espèces dans la région profonde, je les ai retrouvées dans la région littorale.

Peut-être aussi provient-il de la faune des eaux souterraines, et le trouverons-nous dans les puits de la terre ferme en compagnie du Niphargus et de l'Asellus aveugles ; la couleur brune, jaune ou orangée de ce Ver ne semble cependant pas favorable à cette dernière alternative; les animaux cavicoles étant en général d'un blanc mat, non-pigmenté.

Toujours est-il que ce ver est actuellement presque la seule espèce dont l'origine nous soit absolument inconnue.

VIII. Mermis aquatilis Dujardin.

Ces Vers nématoïdes ont été étudiés par le prof. Ed. Bugnion qui n'a jusqu'à présent publié à leur sujet qu'une note provisoire (XCIV), mais qui nous promet un intéressant mémoire sur leur anatomie et leur zoologie. Bugnion admet dans nos eaux deux espèces :

1° Mermis chironomii Siebold, qui dans sa vie larvaire est parasite des larves de Chironomides. Bugnion le trouve constamment dans les étangs de Lausanne. Dans le lac j'en ai trouvé trois exemplaires venant de la beine littorale devant Morges ; le corps de la larve de Chironome était rempli par un énorme ver blanc, deux fois plus long que son hôte, replié sur lui-même et refoulant les organes entre lesquels son corps se glissait. Ce Mermis chironomii est très rare dans les larves de la région littorale du lac ; son état adulte se passe dans la vase ou le limon. Bugnion l'a trouvé une ou deux fois au milieu de mes envois de Mermis aquatilis libres provenant de la beine de Morges.

2° Mermis aquatilis Dujardin, un peu plus petit que le précédent. A l'état larvaire il est parasite d'une larve de Tanypus. Dans une larve blanche, que j'ai draguée

le 18 mars 1884, par 45 m. de fond devant Morges, il y avait trois jeunes larves de Mermis aquatilis, que j'ai pu soumettre à Bugnion. Les larves plus âgées, et les individus adultes de cet animal, habitent le limon, dans lequel ils circulent en se creusant des galeries, à côté des Annélides chétopodes et des larves de Diptères. Dans la région littorale devant Morges, j'ai observé un fait intéressant de commensalisme. Les larves du Mermis aquatilis se trouvent en grand nombre sur les racines du Potamogeton crispus; quand au printemps j'arrache les jeunes plantes de cette espèce, au moment où elles poussent dans l'eau leurs premiers rameaux, je trouve ces petits vers enroulés autour des racines, en pelotons quelquefois très nombreux. Sur deux plantes de Potamogeton crispus j'ai compté un jour de 250 à 300 individus. Il est probable que les Mermis pondent volontiers leurs œufs dans la couche molle et muqueuse qui entoure la racine très délicate de ce Potamogeton; tout au moins Bugnion en étudiant ces racines y a trouvé en grand nombre les œufs et les très jeunes larves, à côté des larves de grande taille et des adultes du Nématode. C'est seulement sur cette espèce de Potamogeton que j'ai trouvé des paquets de Mermis; les racines ou rhizômes des autres espèces de Potamogeton[1], des Myriophyllum, des Ceratophyllum, qui végètent à côté du Potamogeton crispus ne m'en ont jamais montré. Le Nématode n'est cependant pas lié absolument à cette espèce de plantes; il s'égare fort loin de la racine qui l'a nourri dans son enfance, et je le trouve vivant librement dans le limon vaseux de la beine. Dans la région profonde, où les Potamogetons font totalement défaut, le Mermis aquatilis est une espèce assez abondante. Nous venons de dire qu'il peut s'y développer en parasite d'une larve de Tanypus.

IX. Turbellariés.

Dans sa belle Monographie des Turbellariés (CXII) L. von Graff a émis au sujet du Plagiostoma (Vortex) Lemani, une opinion que je ne puis partager. Il remarque que le Plagiostome du Léman est la seule espèce du groupe des Alloïocèles[2] qui appartienne aux eaux douces, toutes les autres jusqu'à ce jour connues étant marines; il en conclut que cette espèce est un reste de la faune marine qui habitait jadis nos grands lacs d'eau douce, faune d'où est sortie notre faune lacustre moderne.

Mon ami Graff me semble, dans cette phrase, vouloir étendre aux lacs Subalpins du nord des Alpes, où le Turbellarié en question a jusqu'à présent été trouvé, la notion des faunes marines restées dans la profondeur des bassins d'eau douce. Cette faune reléguée (Reliktenfauna des Allemands, fauna relegata des Italiens) existe dans les anciens golfes marins ou fiords transformés en lacs; on l'a constatée avec évidence dans certains lacs de

[1] Potamogeton perfoliatus en particulier.

[2] A côté des deux espèces du genre Bothrioplana découvertes par M. Braun dans un puits de Dorpat, et du Monotus Morgiensis dont je vais parler.

la Scandinavie (Wildgrén, Lovén, Sars), et dans le lac de Garde quelques Crustacés du genre Palaemon semblent en être des traces. Mais déjà dans les lacs Majeur, de Lugano et de Côme les recherches d'Asper, n'ont pas montré de vestiges d'une faune profonde reléguée, différente de celle de nos lacs du Nord des Alpes.

Quant à ces derniers, l'histoire géologique du pays nous force à exclure l'idée d'une continuité entre la faune profonde lacustre actuelle et la faune marine des époques tertiaires, les glaciers de l'époque quaternaire ayant nécessairement détruit tout ce qui aurait pu subsister de ces anciennes faunes. A priori nous devons donc éloigner la probabilité d'espèces marines reléguées dans le fond de nos lacs. L'étude de la faune profonde nous amène au même résultat ; elle nous montre dans l'ensemble des espèces profondes une parenté évidente avec les faunes littorales ou la faune des eaux souterraines. La seule exception que nous ayons pu citer, comme ayant une apparence marine, est le petit genre de très petits Ostracodes, que Vernet a décrit sous le nom d'Acanthopus, et qui se rapproche des Cythéridés marins. Mais nous avons dû faire toutes nos réserves sur la valeur de cette provenance marine, en nous basant sur l'ignorance absolue dans laquelle nous sommes jusqu'à présent au sujet de l'aire d'extension de ces petits Crustacés.

Si encore le Plagiostoma Lemani était une espèce cantonnée uniquement dans la région profonde, son absence de parenté dans les faunes des eaux douces superficielles serait un argument puissant en faveur d'une origine marine directe. Mais cette espèce habite aussi les eaux littorales des lacs ; je l'ai constaté dans le littoral du Léman, G. du Plessis l'a trouvé dans le littoral du lac de Neuchâtel ; on le retrouvera certainement dans les eaux littorales et superficielles du bien d'autres localités quand on voudra l'y rechercher [1]. Si comme cela est parfaitement admissible, le Plagiostome du Léman est une espèce marine émigrée dans les eaux douces, il y a lieu de chercher, simplement dans les eaux superficielles, les stations intermédiaires de son émigration ; il est, à ce qu'il me paraît, inutile et improbable d'en faire un exemple d'une faune marine reléguée dans la profondeur de nos lacs subalpins.

Quant à l'Otomesostoma Morgiense, Graff lui trouvait un caractère exotique et anormal dans notre faune lacustre, par la présence de son otolithe, organe qui manque à toutes les autres espèces de la famille ; notre auteur déclarait impossible dans l'état actuel de la connaissance de cet animal, de se prononcer sur la signification de cet organe, est-ce un indice de l'antiquité de l'espèce, ou bien est-ce un fait de retour au type? La détermination plus exacte de O. Zacharias (CLII), adoptée par G. du Plessis, qui le range dans la famille des Monotidés sur le nom de Monotus Morgiensis (CLVI), en fait un second Alloïocèle lacustre à placer à côté du Plagiostoma Lemani, et auquel les mêmes rai-

[1] C'est une espèce très répandue; nous la connaissons déjà dans la faune profonde de tous les grands lacs jusqu'à présent étudiés, à l'exception des lacs de Joux, de Walenstadt, de Constance (où on le trouvera certainement quand on en fera de ce dernier lac une étude convenable) et des lacs italiens.

sonnements s'appliqueraient. Au sujet de cet animal, je remarquerai encore qu'il n'est pas spécial à la région profonde, et que je l'ai retrouvé dans le littoral du Léman; qu'il n'est pas spécial au Léman, que je l'ai retrouvé dans la région profonde des lacs de Zurich, de Neuchâtel, de Bienne, d'Annecy, etc. [1].

§ XII. Animaux absents de la faune profonde.

Il semble que la difficulté des recherches zoologiques dans la région profonde des lacs, ne doit pas permettre d'affirmer l'absence de certaines espèces, car une découverte heureuse annulerait à ce point de vue tous les résultats négatifs, sur lesquels je puis me fonder. Cependant mes draguages dans le Léman, dans les environs de Morges, sont assez nombreux pour que j'ose être affirmatif au sujet de quelques espèces de grande taille, ou dont les débris seraient très répandus ; je suis sûr qu'elles n'auraient pas échappé à mon attention.

Ces espèces absentes sont peu nombreuses ; en général la faune profonde possède à peu près toutes les espèces littorales, modifiées ou non, telles que je les ai énumérées dans l'étude de la faune littorale. Je signalerai seulement l'absence dans la faune profonde des espèces suivantes:

1° Les Insectes à l'état parfait, Haemonia equiseti, Sigara Lemani; les larves de Névroptères, larves de Tinodes, qui se fixent aux bois et aux pierres de la rive, larves d'Ephémérides qui marchent et nagent sur le limon etc.

Ces larves d'Ephémérides sont les seuls insectes dont l'absence m'étonne, dans la région profonde; il est assez étrange en effet d'y trouver en grande abondance les larves de Chironomides, lesquelles n'ont pas de branchies proprement dites et semblent ainsi moins bien adaptées à la vie aquatique, tandis que les larves d'Ephémérides, avec leurs belles houppes branchiales, si bien organisées pour vivre dans l'eau, ne descendent pas dans la profondeur. La seule explication que je sache trouver dans cette différence entre les deux groupes de larves se tire de l'hypothèse émise plus haut d'une reproduction pédogénétique des larves de Chironomides, qui leur permettrait de se multiplier dans la profondeur sans aboutir à l'état d'insecte parfait. Les autres larves qui n'auraient pas cette faculté ne sauraient faire partie de la faune profonde.

2° Astacus fluviatilis. L'Ecrevisse n'habite dans la beine que la région pierreuse des ténevières. Il ne trouverait plus dans la plaine vaseuse des grands fonds les conditions d'habitat qui lui sont nécessaires.

---

[1] Je dois cependant ajouter que la détermination de l'animal, dans ces lacs étrangers, n'est pas absolument certaine; car je l'ai reconnu simplement à ses allures, à l'œil nu, et à son apparence à la loupe. Je n'ai pu le soumettre à l'étude microscopique qui seule aurait constaté la présence caractéristique de l'otolithe.

3° Les Planorbes sont relativement rares dans la région littorale. Le Pl. albus vit caché sous les pierres des ténevières de la beine où il mène une vie nocturne. Je n'ai jamais trouvé ni un animal vivant, ni une coquille de ce genre dans la région profonde.

4° Les Ancyles manquent aussi à la région profonde ; je l'attribue à l'absence de corps solides contre lesquels ces Mollusques doivent prendre insertion.

5° Les Naïades font absolument défaut dans la faune profonde. Je n'ai jamais trouvé dans mes draguages profonds du Léman une Anodonte vivante, ni une valve, ni même un fragment de valve, quelque petit soit-il, d'Anodonte morte. Ni Asper ni moi n'avons vu trace d'une Anodonte ou d'un Unio dans la région profonde des autres lacs subalpins.

Cette absence, qui semble fort bien démontrée, est très étonnante. En effet les Naïades sont des animaux limicoles, qui trouveraient dans la région profonde des conditions de sol identiques à celles des fonds vaseux qu'elles affectionnent ; d'une autre part, s'il est un groupe d'animaux aquatiques dont la dissémination semblerait facile, ce sont les Naïades, dont les larves sont si nombreuses, et qui présentent un fait intéressant de parasitisme temporaire, lequel doit favoriser singulièrement leurs migrations passives. J'ai décrit autrefois (CXIV), et M. Braun alors à Wurzbourg a plus tard suivi dans un développement ultérieur (CXV), la manière dont les embryons de Naïades passent un temps dans des kystes épidermiques, sur la peau des poissons. Les larves d'Anodonte, expulsées de la branchie de la mère, qui leur a servi de poche incubatrice pendant des mois, tombent sur le sol où elles déploient le long fil de leur byssus, lequel flotte librement dans l'eau ; ou bien elles sont entraînées par un mouvement de l'eau et restent suspendues par ce byssus, aux rameaux des plantes aquatiques. Un poisson, en passant, accroche le byssus, et l'embryon, entraîné à sa suite, adhère à l'épiderme de la peau ou des nageoires qu'il irrite ; il se produit autour de la larve de Naïade, un petit kyste épidermique dans lequel elle reste enfermée pendant plusieurs mois [1]. Pendant ce temps le poisson transporte au loin la jeune Anodonte, et il la dépose en un point, peut-être fort distant du lieu de sa naissance. La dissémination de ces Mollusques est donc des plus faciles.

Or les poissons quittant le littoral dans leurs migrations annuelles pour descendre dans la région profonde, il semblerait tout naturel que les Anodontes, emportées par eux, se développassent dans la vase des grands fonds, et au premier abord nous pourrions nous attendre à trouver, avant tout, les Naïades abondantes dans la faune profonde. Il n'en est rien ; elles y font absolument défaut. Comment expliquer ce fait ? Y a-t-il une cause, à nous inconnue, qui s'oppose à leur développement dans les profondeurs, ou qui ne permette pas la succession nécessaire des différentes phases parasitaires ou libres de leur vie aux divers âges ? Ou bien devons-nous en chercher la raison dans l'époque relative de la migration des poissons qui ne correspond pas à la saison de la vie parasitaire des Naïades ? C'est au printemps que j'ai observé les larves des Naïades enkystées sur les poissons

---

[1] Deux ou trois mois d'après Braun.

du Main à Wurzbourg, ou sur ceux de Morges au lac Léman ; c'est en automne ou au commencement de l'hiver qu'a lieu la migration des poissons littoraux qui quittent la beine pour aller habiter la zône supérieure de la région profonde ; il suffirait que les larves d'Anodontes aient déjà fini, à cette saison, leur stage parasitaire pour que le transport dans la profondeur ne pût avoir lieu par ce procédé.

Je n'ai pas les éléments nécessaires pour répondre à ces questions (1).

6° Hirudinés. Les Clepsine et Nephelis sont fort abondantes dans la beine ; elles manquent dans la profondeur, où elles ne trouvent pas les pierres sous lesquelles elles se fixent pour y passer la journée, et sur lesquelles elles s'appuient pour leurs chasses nocturnes.

7° *Eponges*. La Spongilla lacustris est commune sur les bords de notre lac, où je la connais sur les pilotis et les pierres des quais de Morges et sous les pierres de la beine littorale (2). G. du Plessis l'a observée à l'extrémité orientale du lac.

En revanche les éponges n'existent pas dans la région profonde du lac ; je ne les ai jamais trouvées ni à l'état vivant, ni sous la forme de débris, de gemmules ou de spicules siliceuses, dans le limon ou dans le feutre organique. Ce n'est pas inhabileté de ma part, car j'ai bien su trouver une fort jolie espèce rosée, vivant dans la région profonde du lac de Joux (20 m. de fond) fixée sur les polypiers des Paludicelles ; ou bien, lorsque j'ai étudié les limons dragués dans les lacs d'Arménie par A. Brandt (XXXVIII), j'ai immédiatement reconnu les spicules d'éponges disséminées dans le feutre organique. Je n'ai jamais rien constaté de semblable dans la région profonde du lac Léman, et je dois par conséquent déclarer les Spongiaires absents de la faune profonde de ce lac (3).

C'est assez étrange, car les éponges ne semblent pas craindre les profondeurs des lacs et des mers. Je viens de citer le cas du lac Goktschaï en Arménie, où du limon dragué par 34 et 72 m. de fond contenait un nombre considérable de spicules d'éponges ; on sait d'autre part les nombreuses et belles espèces d'éponges trouvées dans la région profonde des divers océans dans tous les draguages des dernières années.

J'ai pensé un moment à expliquer cette absence dans notre lac en la rapportant aux faits de symbiose, entre les éponges et les algues cellulaires (Zoochlorella de K. Brandt). La forme littorale de notre Spongilla est presque toujours d'un beau vert, et la lumière semble nécessaire au développement de cette chlorophylle. Mais depuis que j'ai trouvé sous les pierres de la beine, dans une position où la lumière ne saurait atteindre, des plaques très vivantes de spongilles d'un blanc jaunâtre, c'est-à-dire privées de chlorophylle, la nécessité de la symbiose avec des Algues chlorophyllées est réfutée pour notre Spongille du Léman. Cette hypothèse nous fait donc défaut.

---

(1) Les Cyclas font absolument défaut à la faune profonde. Je ne sais comment expliquer l'absence de ces animaux limicoles.

(2) Il est vrai qu'elle semble parfois disparaître. Pendant toute l'année 1882, je l'ai cherchée en vain pour répondre aux demandes qui m'en étaient faites ; je la retrouve au printemps de 1884.

(3) L'éponge lacustre est aussi absente de la faune profonde des autres lacs Subalpins.

L'explication, plus simple, que j'adopterai, résulte de l'absence dans la région profonde des corps solides, sur lesquels la Spongilla lacustris prend son insertion. Dans le lac de Joux l'éponge a su suppléer à cette absence en s'établissant sur les polypiers fort élevés des Paludicelles, qui lui ont fourni un point de départ pour s'y développer en boule. Dans le Léman elle n'a pas trouvé la même ressource dans les polypiers des Frédericelles, qui sortent à peine du limon.

— Telle est la liste des espèces dont je crois pouvoir affirmer l'absence dans la région profonde du lac Léman. Pour les autres lacs les matériaux que je possède ne sont pas assez nombreux pour que j'ose en établir de semblables.

De cette liste je tire une notion générale très simple. Je la formulerai comme suit: «Ce sont les espèces fixées aux corps solides, aux plantes, aux pierres et aux bois, celles qui se cachent sous les pierres, ou habitent dans le gravier qui font défaut à la faune profonde; ce ne sont que les espèces limicoles, ou qui savent s'accommoder à l'habitat dans la vase ou le limon, qui ont pu s'établir dans la région profonde, essentiellement limoneuse ou vaseuse. La faune profonde est donc composée uniquement d'espèces limicoles. »

§ XIII. Comparaison de la faune profonde marine avec la faune profonde lacustre.

Que l'eau soit douce, ou qu'elle soit salée, les relations entre le monde vivant et le monde inorganique sont régies par les mêmes lois; aussi les faits biologiques sont-ils, dans leurs grands traits, les mêmes dans la mer et dans les lacs d'eau douce. L'étude des habitants de la mer, qui a été entreprise avec tant d'ardeur et de succès, dans les vingt dernières années par les naturalistes Scandinaves d'abord, puis par les Américains, les Anglais, les Allemands, les Italiens et les Français, a révélé dans les fonds des océans des faits très analogues à ceux que nous venons de constater dans nos lacs. Je vais en quelques lignes montrer le parallélisme des faits biologiques dans les eaux marines et dans les eaux douces.

Dans la mer, comme dans les lacs, il faut distinguer au point de vue biologique trois régions: la région littorale, la région pélagique et la région profonde; toutes les trois sont habitées par des animaux formant des faunes distinctes, avec groupement particulier des espèces et caractères propres des organismes. Quant à la vie végétale, elle est nulle ou très réduite dans la région profonde, et nous n'avons à distinguer qu'une flore littorale et une flore pélagique.

Les faunes littorales, aussi bien les lacustres que les marines, sont très diversifiées, très riches en espèces, très abondantes; les conditions de milieu étant fort variées, des animaux de mœurs très diverses trouvent à y vivre facilement; les conditions de milieu étant fort variables, les animaux, soumis à une grande agitation mécanique et moléculaire, sont robustes, bien nourris, bien armés, bien pigmentés.

Les faunes pélagiques, aussi bien la lacustre que la marine, sont composées d'animaux nageurs, transparents, à mœurs crépusculaires; leurs migrations diurnes les amènent pendant la nuit à la surface, et les font descendre pendant le jour dans les couches profondes, à la limite de la lumière.

Les faunes profondes, aussi bien la lacustre que la marine, sont assez riches en espèces; tous les groupes d'animaux limicoles y ont des représentants; mais vu la nature du sol, ce ne sont que les animaux limicoles qui s'y retrouvent. Le nombre des espèces augmente à mesure que l'on s'adresse à des profondeurs moindres; dans la zône supérieure il y a mélange avec les faunes littorales. L'absence de corps solides amène l'absence d'animaux fixés, autres que ceux qui prennent insertion dans le sol. Ces faunes sont l'une et l'autre remarquablement uniformes, les conditions de milieu étant partout à peu près identiques; les seules différences importantes qu'on y remarque sont causées par la profondeur. Les animaux des faunes profondes se nourrissent essentiellement aux dépens de la faune pélagique, et indirectement aux dépens de la flore pélagique qui, dans un milieu éclairé, élabore la matière organisée.

D'une manière générale le parallélisme est complet entre les faunes marines et les faunes lacustres. Mais si l'analogie est grande il n'y en a pas moins des différences que je résumerai comme suit:

1° Les faunes lacustres sont beaucoup moins riches en espèces que les faunes marines.

2° Les dimensions des animaux lacustres sont plus petites que celles des animaux marins. — Ces deux faits, déjà connus pour les faunes littorales, sont vrais aussi pour les faunes pélagiques et profondes.

3° Les limites des diverses faunes sont beaucoup plus réduites dans les faunes lacustres que dans les faunes marines. Ainsi, par ex., on peut établir à 50 brasses, soit 90 m., la limite entre la faune littorale et la faune profonde dans l'océan; dans nos lacs, cette limite n'est qu'à 25 ou 30 m. de profondeur. Dans l'océan on compte comme appartenant à la région littorale une bande de terrain s'éloignant de quelques kilomètres des côtes; dans nos lacs la largeur de cette bande littorale n'est que de quelques centaines de mètres. La zône supérieure de la région profonde, celle qui est richement peuplée, celle où les animaux littoraux se mélangent encore avec les espèces abyssales, s'étend dans nos lacs entre 25 et 70 m.; dans l'océan elle est entre 50 et 200 mètres. Pour les naturalistes du Challenger tous nos lacs, même les plus larges, même les plus profonds, appartiendraient dans toute leur étendue à la région littorale; et cependant nous avons dû reconnaître dans ces lacs une région profonde bien caractérisée. Autre détail, qui montre, dans un autre groupe de faunes, la même réduction des proportions pour les animaux lacustres: Dans leurs migrations diurnes les entomostracés de la faune pélagique lacustre vont chercher à 10—20, ou peut-être à 50 m., la région à demi obscure dans laquelle ils se plaisent; cette même migration a lieu pour les pélagiques marins, mais c'est à 50—100 et 200 m. qu'ils descendent chaque jour.

L'unité à employer pour la mesure des faits analogues dans les deux milieux est différente. Dans nos lacs tout est réduit, taille des animaux, nombre des espèces, aires de leur habitat et de leurs migrations. Ces différences proviennent essentiellement des dimensions relatives des bassins dans lesquels les animaux sont appelés à vivre ; c'est l'exagération du fait que nous avons constaté dans les lacs, que, plus le bassin est grand, plus les dimensions proportionnelles sont considérables.

4° Nous avons maintenant à mentionner des différences plus essentielles, qui se lient à l'histoire même de la terre, et des bassins d'eau en question.

Dans les faunes profondes des lacs Subalpins, nous ne trouvons que des types identiques, ou presques identiques, à ceux des faunes littorales ou de la faune des eaux souterraines, dont ils sont directement descendus ; nous n'y voyons rien de date antérieure à l'époque glaciaire ; notre faune profonde lacustre est essentiellement moderne. Il n'en est pas de même de la faune profonde marine. Dans l'histoire des océans il n'y a point eu de révolution analogue à notre époque glaciaire, qui, à un moment donné, ait éteint la vie et supprimé les types anciens. Aussi voyons-nous dans la faune profonde marine subsister des espèces, des genres, des familles, d'habitus et de caractères antiques, datant des époques antérieures, des types de l'époque tertiaire, de l'époque secondaire même, des types absolument disparus des faunes superficielles actuelles. A côté de ces types archaïques on constate des espèces relativement plus modernes, émigrées plus récemment dans la profondeur, et dont le parentage se retrouve dans la région littorale actuelle. Tandis que la faune profonde des lacs de la région Subalpine est essentiellement moderne, la faune profonde marine est un mélange de types modernes, d'émigration récente, et de formes archaïques datant des époques géologiques antérieures.

J'insiste ici sur une réserve nécessaire ; je ne parle en fait de faunes lacustres que de celles des régions Subalpines. Nous allons voir que dans d'autres lacs, qui ont plus ou moins échappé à l'époque glaciaire, ou qui n'ont été séparés des mers que dans des temps peu anciens, il y a dans leur région profonde, comme dans celle de l'océan, des restes des faunes antiques. Ces faunes antiques peuvent être des faunes lacustres datant de l'époque tertiaire, ou bien des faunes marines reléguées dans les eaux douces.

5° La mer est en communication directe dans toutes ses parties ; les océans se versent les uns dans les autres, et les animaux passent plus ou moins librement d'un bassin à l'autre. Ainsi s'explique la grande uniformité de la faune profonde marine. Les seules limites dans ces communications et ces mélanges proviennent des barres sous-marines, qui séparent les cuvettes profondes des divers bassins, et qui sont un obstacle à la libre émigration d'une région profonde à l'autre. Ainsi la barre du détroit de Gibraltar n'a que 200 m. de profondeur, tandis que l'on connaît des profondeurs de 5000 m. dans la Méditerranée et dans l'Atlantique, vis-à-vis du Portugal ; le Sund qui réunit la mer Baltique à la mer du Nord est encore bien moins profond, il n'a guère que 20 m. ; il est vrai que la mer Baltique elle-même a très peu de profondeur, son maximum ne dépassant pas 300 m.

Mais même dans ces cas l'isolement n'est pas complet, et il peut passer des animaux ou des germes d'une mer dans l'autre. Dans les lacs, il en est autrement; les régions profondes des divers lacs sont absolument séparées les unes des autres; il n'y a entr'elles communication ni directe ni indirecte, il n'y a pas de migration possible de l'une à l'autre. La région profonde de chaque lac est donc à ce point de vue un centre de création comme l'auraient dit les anciens naturalistes, un centre de différenciation, comme nous le disons aujourd'hui, distinct et séparé. Les variétés animales qui s'y différencient sont, au point de vue généalogique, absolument séparées les unes des autres, dès l'instant où elles ont émigré dans la profondeur. Il y aurait donc possibilité de faire, sur la faune profonde lacustre, des études probablement fructueuses, sur la différenciation des types animaux, études qui ne seraient pas légitimes dans les bassins communiquants de l'Océan. (1)

§ XIV. Géographie zoologique.

Nous avons des observations sur la population animale de la couche profonde d'une vingtaine de lacs de la région Subalpine. Ces lacs sont chacun dans des conditions spéciales. Y a-t-il moyen de reconnaître dans les différences qui séparent les populations l'effet de ces conditions spéciales? Telle est la question que je dois étudier à présent. Malheureusement notre statistique zoologique est encore trop incomplète pour que nous puissions en tirer toutes les conclusions nécessaires; plutôt que de bâtir un édifice sur des matériaux insuffisants, je préférerai m'abstenir pour le moment et renvoyer ces comparaisons à des recherches ultérieures. Voici les points principaux qui intéressent ce travail:

1° *La latitude des lacs.* La différence de latitude est trop peu importante dans notre région Subalpine pour que nous puissions en reconnaître les effets. Entre le Bourget, le

(1) Dans un fort intéressant article sur les faunes des lacs Alpins (cxxx), H. von Ihering a cherché si, en se basant sur nos faunes profondes, il n'y aurait pas moyen de juger entre les deux écoles de naturalistes, les monogénistes et les polygénistes. Les premiers, aussi bien les adeptes des anciennes écoles des créations spéciales, s'il y en a encore, que certains évolutionnistes, veulent que chaque espèce ne descende que d'un seul couple; les derniers admettent la possibilité de plusieurs familles originales, ayant abouti à la même forme spécifique. Ihering remarque que, dans deux lacs différents, Clessin a constaté la même espèce, Pisidium Foreli, et, admettant avec moi l'indépendance absolue de la différenciation, il s'appuie là-dessus pour combattre les opinions des monogénistes.

Pour mon compte, je me range sans hésitation à la doctrine polygéniste ainsi entendue. Je crois, pour prendre mon exemple dans notre sujet d'étude, que dans la région profonde de chaque lac, où pénètrent des individus de la même espèce littorale, celle-ci s'adaptant au milieu nouveau, produit une nouvelle espèce, l'espèce abyssale; que cette espèce abyssale arrive à sa perfection au bout d'un nombre suffisant de générations. Que ces procès de différenciation isolés donnent des variétés locales, parfois distinctes, cela est évidemment possible; cela arrive, nous l'avons vu. Mais que ces variétés locales, qui ne sont guère que des familles séparées temporairement de leurs congénères, puissent se ressembler morphologiquement, cela est aussi possible, et pour autant que je l'ai constaté, cela arrive fréquemment.

lac le plus méridional, et le lac de Zell, le plus septentrional, il y a moins de 2° de différence en latitude, environ 215 kilomètres.

2° *La région géographique* à laquelle appartient le lac. Sous ce rapport nous pouvons distinguer dans la région subalpine suisse six sous-régions: les Alpes de Savoie, les Alpes bernoises, les Alpes centrales, les Alpes grisonnes, le plateau Suisse et la région insubrienne (lacs italiens). Les cinq premières de ces sous-régions sont au point de vue zoologique dans des conditions assez semblables pour que nous les réunissions en un groupe, et que nous opposions les lacs du nord des Alpes, aux lacs du sud des Alpes. Les différences faunistiques importantes qui séparent l'Italie de nos régions transalpines, se font-elles sentir dans la faune profonde lacustre?

Nous n'avons pour répondre à cette question que les recherches d'Asper, et les catalogues d'espèces qu'il nous a donnés ne suffisent pas à donner une solution complète du problème. Voici ce que je crois pouvoir en tirer:

a. Dans leurs traits généraux les faunes profondes des trois lacs Insubriens, le Verbano, le Ceresio et le Lario, sont analogues de celles du Nord des Alpes. Les animaux qu'Asper y a dragués sont les mêmes que ceux qu'il a rencontrés dans ses recherches du Nord des Alpes; au point de vue générique il n'indique qu'un animal nouveau: «Un Bryozoaire dont les polypiers rappellent ceux des Frédericelles, mais qui sont plus fins et plus transparents.» Pour les autres je ne reconnais rien, dans sa description, qui diffère notablement des faunes profondes à moi connues.

b. En particulier, il n'y a rien qui rappelle, par son habitus marin, les restes d'une faune reléguée. On sait que dans le lac de Garde un Palaemon lacustris et quelques espèces de poissons de types marins sont considérés comme étant les survivants d'une faune marine, abandonnée derrière les barrières qui ont séparé de la mer le golfe d'eau salée du lac de Garde; les eaux salées se sont avec le temps transformées en eaux douces; les espèces marines se sont adaptées à l'habitat de ces eaux et sont devenues des espèces d'eau douce à type marin; c'est ce qu'on appelle la faune reléguée (fauna relegata, Reliktenfauna). Or les travaux de Stoppani attribuent aux grands lacs Insubriens la même origine qu'au lac de Garde; il était donc possible, je le considérais même comme probable, que l'on y trouvât dans les profondeurs les indices d'une faune marine reléguée. Les recherches d'Asper n'ont pas confirmé ces espérances, et rien dans les animaux qu'il y indique ne semble montrer une origine marine. (1)

c. Mais si les traits généraux de la faune profonde sont les mêmes dans les lacs Insubriens, que dans nos lacs Transalpins, cette similitude se poursuit-elle dans les détails? Nous savons que dans leurs grandes lignes les faunes lacustres sont partout semblables, dans le même continent du moins, que d'un pays à l'autre dans les stations analogues on

(1) Dans un travail récent le prof. P. Pavesi, de Pavie, cherche à démontrer que l'Alosa vulgaris du lac de Lugano serait une espèce marine reléguée dans ce lac. (CXXIX)

trouve le même groupement d'animaux en général; dans les mêmes conditions on rencontre les mêmes genres. Mais si les genres sont semblables, les espèces ou au moins les variétés diffèrent, et d'un lac à l'autre, d'une station à l'autre, les noms spécifiques de la faune aquatique sont dissemblables. Il en sera probablement de même pour les faunes profondes des lacs au Nord et au Sud des Alpes; lorsque l'on en viendra à la détermination exacte on trouvera des différences spécifiques dans les types analogues. Mais je dois noter comme une curiosité la répétition au Nord et au Sud des Alpes de trois espèces:

Le Niphargus puteanus, var. Forelii A. Humbert, est indiqué par Asper dans le lac de Côme; il se trouve au Nord des Alpes dans les lacs Léman, Neuchâtel, Zurich et Walenstadt.

Le Pisidium miliolum S. Clessin, a été reconnu par cet auteur dans les pêches d'Asper, provenant du lac de Côme, et dans les miennes venant du lac d'Annecy.

La Limnaea Foreli de S. Clessin a été constatée par le même malacologiste dans le lac de Côme (Asper) et dans les lacs Léman et d'Annecy (Forel).

Vérifier ces identités ou constater des différences entre les faunes analogues au Nord et au Sud des Alpes, serait une tâche bien attrayante pour le zoologiste qui l'entreprendrait.

3° *L'altitude* doit jouer un rôle important dans la population lacustre; c'est d'elle que dépendent, d'une part la température des eaux, d'autre part la facilité des abords pour les animaux émigrants de la plaine. Nous avons dans nos lacs suisses des altitudes fort différentes, depuis le Verbano (197 m.) au lac de Sils (1796 m.) différence d'altitude 1600 m.

Si je réunis ensemble, dans les lacs qui nous sont connus, ceux que je puis appeler lacs de montagne, je ferai rentrer dans ce groupe le lac du Klönthal (804 m.), les lacs d'Engadine, Silvaplana (1794 m.) et Sils (1796 m.). D'après les catalogues d'Asper, ces lacs de forte altitude possèdent encore des Pisidies, des Frédericelles et des Chétopodes du genre Lumbriculus. Dans le Klönsée il cite encore quelques Mésostomes; dans le lac de Sils, après avoir indiqué des larves de Diptères, il note l'absence des Hydrachnides, des Planaires, des Mermis, des Ostracodes, et met la rareté des espèces profondes en opposition de la richesse de la faune littorale.

S'il était permis de tirer des conclusions de recherches aussi fragmentaires, je dirai que dans les lacs de montagne la faune présente les mêmes caractères que dans les lacs de plaine; mais que le nombre des espèces est notablement réduit.

Cette pauvreté des espèces ne doit, du reste, pas être attribuée nécessairement à l'altitude car nous la retrouvons dans des lacs de plaine, le Walensée (425 m.) et même le Bourget (235 m.).

4° La *grandeur du lac.* Je réunis sous ce titre les trois facteurs, de la superficie, de la profondeur et du volume des lacs, ces trois éléments variant en général ensemble et dans le même sens.

Y a-t-il un effet direct des dimensions des lacs sur leur faune? Cet effet est très évident dans les faunes littorales. Plus le lac est petit, plus il se rapproche d'un étang

ou d'un marais, moins il présente d'agitation mécanique, plus sa faune se relie par ses caractères à la faune palustre ; au contraire plus le lac est grand, plus l'habitus lacustre des formes littorales devient apparent.

Mais cette effet est beaucoup moins nettement marqué dans la faune profonde. Comme nous l'avons vu, les conditions de milieu de la région profonde, éloignée des agitations mécaniques de la surface, sont très peu différentes, toutes choses égales, dans un grand et dans un petit lac ; il y a donc probabilité de peu d'effet de ces différences.

On pourrait se demander cependant si l'influence de la grandeur du bassin ne se ferait pas sentir directement sur la taille des animaux qui l'habitent. Dans ses jolies expériences sur les Limnées, C. Semper (CXVI) a montré que des animaux, nés de la même ponte, atteignaient dans la même durée de temps des dimensions beaucoup plus grandes, quand ils étaient élevés dans un bocal plus grand que dans un bocal plus petit. Cette influence, à mon avis, ne peut pas se faire sentir dans des lacs qui, quelque peu étendus qu'ils soient, sont des bocaux infiniment grands par rapport aux très petits animaux qui les habitent.

Bien loin que la taille des animaux de la faune profonde s'accroisse dans le même sens que les dimensions des lacs, je crois au contraire avoir observé des variations de proportions inverses. Pour quelques animaux sur lesquels les comparaisons sont possibles, j'ai constaté une diminution de la taille dans les plus grands lacs. C'est ainsi que les Fréderi-celles des petits lacs, lac de Silvaplana (Asper), lacs d'Annecy et des IV-Cantons (Forel) ont des polypiers beaucoup plus grands, plus rameux, plus branchus que ceux des grands lacs, Neuchâtel, Léman ; c'est ainsi que l'Asellus aveugle du lac d'Annecy est plus grand que celui du Léman ; c'est ainsi que les Pisidies des petits lacs sont plus grandes que celles des lacs Léman et de Walenstadt. J'essaierai d'expliquer ce fait par la différence d'alimentation ; dans un petit lac les substances nutritives doivent être relativement plus abondantes que dans un grand lac, par suite de l'importance plus grande de la région littorale, où s'élaborent les matières organisées.

Il est un autre point de vue pour lequel la grandeur du lac pourrait peut-être se faire sentir sur la population animale ; c'est dans les limites des aires des faunes diverses. Le facteur important qui préside à la séparation des régions, est la lumière, nous l'avons vu plus haut ; mais les autres conditions de milieu, variables elles-mêmes, n'en ont pas moins une certaine action dans l'établissement des caractères constitutifs des régions. Le calme absolu est un de ces caractères fondamentaux de la région profonde ; la limite de l'action effective des vagues et des courants interviendra pour quelque chose dans la délimitation de la région profonde. Or dans les lacs les mouvements mécaniques sont d'autant plus puissants que le lac est plus grand ; dans un grand lac, l'eau sera agitée bien plus profondément que dans un petit, et à ce point de vue il y a tendance à voir diminuer l'épaisseur de la zône littorale dans un petit lac, à voir augmenter cette épaisseur dans un grand lac. Mais je dois ajouter que cette tendance est peu apparente et difficile à mettre en évidence.

5° *Profondeur*. En définissant un lac au commencement de cette étude nous avons indiqué la notion de profondeur comme caractérisant le lac et le séparant du marais. Il est évident qu'un lac trop peu profond n'est pas un lac ; au sens biologique du mot. Un lac dont toute la région centrale est assez peu profonde pour que les herbes aquatiques puissent s'y développer partout, un lac qui n'aurait point de région obscure, point de région froide, n'aurait pas de région profonde dans le sens que nous avons attribué à ce mot; un lac dont la profondeur serait assez faible pour que les entomostracés pélagiques ne pussent pas y accomplir leurs migrations verticales diurnes, n'aurait pas de véritable région pélagique; un tel lac serait dans toute son étendue une vaste région littorale, ce ne serait pas un lac — au sens biologique du terme, répétons-le, car à d'autre points de vue, la question se présenterait peut-être différemment. Faudrait-il appeler un tel lac un marais ? Cette appellation pourrait se discuter.

Quelle est la profondeur à laquelle un bassin d'eau douce mérite de recevoir le nom de lac? Un lac de 8 m. de profondeur, comme le lac Trasimène, ou le lac de Mantoue, en Italie ; un lac qui a une profondeur moyenne de 3 à 4 m. comme le lac Neusiedl en Hongrie, sont-ils des lacs ? C'est une question que je ne veux pas discuter en l'absence d'exemples dans notre région Subalpine. Elle mériterait cependant d'être étudiée attentivement: mon ami Pavesi y trouverait peut-être la clef des différences qu'il signale entre la faune des entomostracés pélagiques de quelques-uns de ces soi-disant lacs, et celle des bassins plus profonds qui, pour moi, sont seuls des lacs.

§ XV. Faune profonde des lacs en dehors de la région Subalpine.

Il serait fort intéressant de faire une comparaison entre la faune profonde des lacs Subalpins, avec ceux d'autres régions, d'étudier par les différences entre les populations animales, l'effet des conditions spéciales à notre région du centre de l'Europe, de mettre en regard les faunes analogues de bassins lacustres situés sous d'autres latitudes, à d'autres altitudes, sous d'autres climats. Il serait particulièrement instructif de rechercher, par la comparaison avec d'autres lacs, les effets de l'envahissement des glaces à l'époque glaciaire, qui caractérise notre région Subalpine. Un lac qui n'aurait pas été comblé temporairement par les glaciers alpins, dont la faune pourrait descendre directement des faunes tertiaires, et aurait conservé les caractères archaïques que l'on trouve à la faune marine, nous offrirait une faune profonde singulièrement intéressante, et sa comparaison avec les nôtres serait de la plus grande importance. Malheureusement les observations que j'ai en ma possession sont bien peu nombreuses et bien incomplètes. Voici celles que je suis en mesure de citer.

I. Lac de Starnberg (Bavière).

Nous avons d'abord à signaler les études faites sur la faune profonde de ce lac, lequel étant dans le domaine de l'ancien glacier de l'Isar, appartient à la région Subalpine,

telle que je l'ai définie ; il est en dehors des limites géographiques que j'ai adoptées au commencement de ce travail ; il rentre dans le groupe des lacs de Bavière et d'Autriche.

Le Wurmsée, ou lac de Starnberg, est situé par 47° 50′ lat. nord ; sa superficie est de 54 km. carrés ; sa profondeur de 83 m. ; son cube approximatif de 1394 millions de mètres cubes. Son altitude est de 584 m. ; il est donc plus élevé qu'aucun des grands lacs Subalpins suisses.

Les premières recherches sur la faune profonde du Wurmsée sont dûes au Dr. L. Graff ; il voulait étudier le Vortex Lemani que G. du Plessis venait de décrire, et je ne parvenais pas à lui faire parvenir des exemplaires vivants de ce curieux Turbellarié ; tous mes envois avaient échoué ; je lui donnai le conseil de le chercher dans ce lac, le plus rapproché de Munich. Le 15 août 1875 un draguage opéré entre 25 et 30 m., lui ramena des paquets de Characées, et là-dedans une Clepsine, des Daphnies, des larves d'Insectes, des Gastéropodes et 8 exemplaires du Vortex Lemani.

En 1876 le Dr. A. Pauly de Munich fit un certain nombre de draguages entre 15 et 25 m. qui lui donnèrent entr'autres : Limnaeus tumidus Held, var. fragilis Clessin, L. ovatus Drap., L. stagnalis L. var. Paulii Cl., Paludina vivipara et Bythinia tentacula. C'est sur ces Limnées que Pauly fit ses recherches sur la respiration aquatique des Mollusques pulmonés (XCII).

A l'occasion de la session de la société des naturalistes allemands réunie à Munich en 1877 j'eus l'honneur d'être invité à diriger une expédition de draguages dans le Wurmsée ; le 21 septembre, la section de zoologie se transporta à Tutzing, et je pus pratiquer quelques draguages entre 30 et 60 m. devant Weismann, Eimer, Hasse, Clessin, L. Graff, Fr. Spangenberg, Hermann et autres zoologistes. Nous trouvâmes la faune caractéristique de la région profonde : larves de Chironomides avec leurs tubes, Tubifex, Saenuris velutina, un petit Nématoïde, deux espèces de Pisidies que Clessin a appelées Pis. conventus et Pis. submersum, un Ostracode, Vortex Lemani, etc.

Au mois d'octobre de la même année le Dr. Fr. Spangenberg de Munich continua ces recherches et constata en plus deux Planaires, puis Eurycercus lamellatus et un Niphargus aveugle (IV).

Je dois au Dr. Spangenberg communication obligeante des échantillons des faunes lacustres de ce lac, déposés dans les collections zoologiques de Munich par lui-même et par le Dr. Pauly ; j'ai pu vérifier ainsi ce que j'avais déjà reconnu dès notre expédition de septembre 1877, à savoir que la faune de ce lac ressemble complétement dans ses traits généraux à celle que j'ai trouvée dans les lacs de la région Subalpine suisse. Je ne saurais comment les séparer.

Un seul point diffère de ce que je connais ailleurs, la grande profondeur, 25 et 30 m. à laquelle soit Graff, soit Pauly ont encore trouvé les gazons des Characées.

II. **Lac de Joux** (Jura vaudois).

Ce lac appartient à la Suisse par sa position géographique, mais étant en dehors des limites du grand glacier du Rhône, il échappe à la région Subalpine, telle que je l'ai définie. Situé en dehors du domaine du glacier alpin, qui arrêtait ses moraines au-dessus de Vaulion, le lac de Joux a cependant été soumis à l'action glaciaire. De petits glaciers avaient pris naissance sur le Jura; on en voit les stries sur le roc calcaire de Pétrafélix par ex., et les cailloux striés près de la source de la Lionne; il est cependant probable que ces glaciers jurassiques étaient peu considérables et peu épais.

Voici les données géographiques de ce lac : Latitude N. 46° 38. Altitude 1009 m. Superficie 9.3 km². Profondeur maximale 25 m. Cube approximatif, d'après la formule utilisée plus haut, 77 millions de m³.

Ce petit lac, creusé dans une combe de terrain calcaire, a son sol formé d'un limon éminemment calcaire; c'est un limon assez vaseux, peu consistant, d'une couleur gris jaunâtre sale; des échantillons dragués dans la partie Nord, connue sous le nom de lac Brenet, ont presque une apparence terreuse; desséché, il est friable, presque pulvérulent.

Il est un fait intéressant, que je n'ai jusqu'à présent rencontré que dans ce lac; au milieu de ce lac peu profond, par 20 ou 25 m. de fond s'élèvent une douzaine d'éminences sous-lacustres connues sous le nom de Monts; elles sont coniques, aplaties au sommet, mesurent quelques cinq ou dix mètres de diamètre dans leur partie supérieure, qui s'élève presque jusqu'à la surface de l'eau. Je ne connais ni l'origine, ni la composition du noyau de ces monts; mais leur sol, accessible à la drague, a une nature toute particulière. C'est un dépôt organique. La craie blanche qui le forme est composée presqu'uniquement de débris de l'incrustation calcaire qui revêt les tiges, les aiguillons et les rayons verticillaires des Charas. [1] Ces débris, plus ou moins fragmentaires, sont noyés dans une poussière, qui provient évidemment de leur trituration. Quelques coquilles de Mollusques sont enchâssées dans cette masse calcaire, dont la nature organique est évidente.

Quelle est l'origine de ces monts? Les Charas végètent dans ce lac, en formant sur les talus des côtes et des monts une couronne presque continue, qui occupe toute la bande limitée par 2 et 3 m. de profondeur à la partie supérieure, et 10 à 12 m. à la partie inférieure. Sur le plancher du lac il n'y en a plus traces. Ces Charas n'ont donc pu bâtir de toutes pièces ces monts sur le fond du lac; ils n'ont pu s'établir que là où ils ont trouvé une éminence préexistante, élevant son sommet jusqu'à moins de 10 m. au-dessous de la surface des eaux.

Mais là où ils ont pu végéter, ils ont d'année en année accumulé leurs débris et travaillé à exhausser le sol. Ils ont évidemment surélevé ces éminences profondes, et leur ont donné leur forme et leur grandeur actuelles. Ces monts sont à ce point de vue absolu-

[1] Chara contraria Al. Braun, var. jubata. Müll. Arg. (XLI).

ment comparables aux îles à coraux, dont le développement présente avec le leur une analogie évidente. Je n'ai cependant pas trouvé dans ces monts du lac de Joux la forme caractéristique des Atolls.

Ce petit lac de Joux, qui n'a que 25 m. de profondeur, atteint à peine les limites de la région profonde. Cependant, loin des bords, au-delà de la zône des gazons de Charas, nous trouvons une grande plaine vaseuse, dépourvue de végétation, habitée par quelques espèces de facies profond. Nous avons étudié ce lac, Du Plessis, Kursteiner et moi-même, à diverses reprises en 1874, 1875 et 1876. Voici d'après nos notes les animaux de ce qu'on peut appeler sa faune profonde.

Larves de Diptères. Hydrachnides Limnesia histrionica Bruz. Nesaea luteola Koch (LXXI). Lynceus striatus. L. macrourus. Cyclops brevicornis[1]. Cyclas ... Pisidium .... Clepsine ... Tubifex. Planaire. Monotus morgiensis. Fredericella sultana Blum. Paludicella Ehrenbergii V. Ben. Cette dernière espèce est très richement développée, elle forme de véritables gazons par ses polypiers longs et rameux qui se prennent en touffes aux bords de la drague. Spongilla, blanc rosâtre, en boules ovoïdes de la grosseur d'une noisette, sur les polypiers des Paludicelles.

Un fait intéressant à citer, c'est le grand nombre de Bryozoaires que possède ce lac. Le professeur Du Plessis y a constaté, tant dans la région littorale que dans la région profonde: Fredericella sultana Blum. Paludicella Ehrenbergii Van Ben. Alcyonella fongosa Pallas, Plumatella repens L. Cristatella mucedo Cuvier, plus deux espèces de Plumatella et un Lophopus, non autrement déterminés. Du Plessis, qui a voué aux Bryozoaires suisses une étude attentive, déclare qu'aucune localité du pays n'approche de celle-ci pour sa richesse dans ce groupe d'animaux.

J'avais en 1874 (LXXIX), pour expliquer cette richesse en Bryozoaires, émis l'idée que nous aurions peut-être là, en dehors du domaine alpin, un reste des faunes antiques, conservé dans ce petit lac du Jura. Mais une lettre du professeur A. Jaccard du Locle, répondant à mes questions, m'apprend que la vallée du lac de Joux a été comblée par un glacier propre, indépendant du grand glacier du Rhône. On y trouve partout, surtout près du lac Ter, au Solliat etc., de superbes moraines en miniature. D'après cela, alors même qu'il soit en dehors du territoire subalpin, le lac de Joux a été envahi lui aussi par les glaciers du Jura; et sous ce rapport sa faune a subi les mêmes péripéties historiques que la faune de nos lacs subalpins.

III. Lac de Garda (Italie).

Tandis que les recherches d'Asper ne nous ont montré, dans la profondeur des lacs Majeur, de Lugano et de Côme, rien qui rappelle une faune marine, reléguée dans les eaux douces, il n'en est pas de même du lac de Garde. On y connaît un Palémon. P.

[1] D'après les déterminations de M. H. Vernet.

lacustris E. von Martens, presque identique au P. varians Leach, des mers européennes, puis un poisson appartenant à un genre marin, Blennius vulgaris Pollini; l'on a avec raison conclu, de la présence de ces animaux d'habitus marin, à d'anciennes relations du lac de Garde avec la mer; les espèces marines se seraient petit à petit acclimatées à l'habitat des eaux douces à mesure que le lac se dessalait, par l'apport incessant de l'eau douce des affluents. Ce serait l'indice d'une faune reléguée (CXVIII).

La faune profonde de ce lac n'a pas encore, que je le sache, été étudiée.

IV. Lacs scandinaves.

Les naturalistes suédois et norwégiens ont étudié avec beaucoup d'attention la faune des lacs de leur patrie. Lovén en Suède, G. O. Sars en Norwège, ont travaillé surtout les Crustacés, vers 1860, et ils ont constaté dans la profondeur de leurs lacs, l'existence d'une faune reléguée parfaitement caractérisée. Cette faune (Reliktenfauna) est un souvenir de l'époque où les lacs étaient des fiords en communication avec la mer et possédaient une faune marine. La barre qui a séparé de la mer les fiords, les a transformés en lacs, et l'eau s'est petit à petit adoucie, tellement qu'aujourd'hui elle n'a plus en rien des traces de son ancienne composition; mais la faune marine n'a pas entièrement disparu, une partie des espèces se sont adaptées aux nouvelles conditions, et ces Crustacés restent dans les fonds de l'eau à l'état de faune reléguée.

Je citerai, d'après Sars, les espèces suivantes: Harpacticus chelifer, Copépode marin décrit par Lilljeborg et retrouvé dans un étang d'eau douce près de Christiansund. Deux Ostracodes, du genre marin, Cythere, la Mysis relicta Lovén, le Gammarus cancelloïdes Gerstf. vivant dans le lac Mjœsen par 15 et 20 m. de fond, aussi bien que dans les lacs de la Suède; enfin la Pontoporeia affinis, Amphipode marin a été trouvé dans les lacs Venern, Vettern, et dans les étangs d'eau douce des environs de Christiania (CXVII).

Cette faune marine, reléguée dans des lacs d'eau douce, est quelque chose d'inconnu dans notre région subalpine, à moins que les Acanthopus de Vernet n'en soient des indices.

V. Lac Goktschaï (Arménie).

Dans une expédition, faite en 1879 dans le Caucase, le Dr. Alexandre Brandt, alors à St.-Pétersbourg, actuellement à Charkow, a étudié avec soin les faunes des lacs Goktschaï et Tschaldyr. Il a mesuré la profondeur de ces lacs, les a dragués, a rapporté des échantillons du limon et en a étudié la faune (CXIX). Ces deux lacs sont situés dans le pays d'Erivan, dans les montagnes de l'Arménie. Ils sont placés: le Goktschaï par 40½°, le Tschaldyr par 41° de lat. N.; leur altitude est de 1930 et 1820 m. Le Goktschaï est un bassin d'eau considérable, mesurant environ 75 km. de long, 35 km. de large, et 370 km. de surface; sa plus grande profondeur est de 110 m. Le lac Tschaldyr est plus

petit, sa longueur n'est que de 25 km., sa largeur de 15 km.; il est surtout très peu profond; il ne dépasse nulle part 11 m.; il lui manque donc les éléments de profondeur qui caractérisent un lac, et ne peut guère être considéré que comme un marais profond.

Le limon dragué dans ces lacs (XXXVIII) est remarquable par sa grande richesse en matières organiques, et sa grande légèreté; il semble que la drague n'a pas pu traverser la couche de feutre organique. (1) Soumise à la calcination par le prof. Bischoff de Lausanne, la masse a perdu 0.23 de son poids pour le limon du Goktschaï, et 0.14 pour celui du Tschaldyr. La couleur est d'un gris jaunâtre très délicat et très fin pour celui du Goktschaï, plus brunâtre et foncée pour celui du Tschaldyr. Quant au résidu inorganique du limon du Goktschaï, c'est de l'argile pure, sans traces de carbonates, ce qui s'explique par la nature absolument volcanique du terrain dans lequel est creusé le lac.

A 62 m. de profondeur, Brandt a trouvé dans le Goktschaï au mois de juillet une température de 4.25°.

Quant à la faune de la région profonde, que Brandt a pêchée par des draguages faits selon ma méthode, il a constaté dans le Goktschaï plusieurs espèces de Limnées, entr'autres L. stagnalis, qu'il a retirée de 77 m. de profondeur, et le Planorbis carinatus. Puis un grand nombre d'individus d'une espèce de Pisidium.

Des larves d'Insectes, Chironomus, avec leurs tubes vaseux; quelques Hydrachnides. Les exemplaires du Gammarus pulex pêchés à 62 m. de fond étaient plus pâles que ceux du rivage; leurs yeux sont clairs et non uniformément pigmentés; ces yeux présentent quelques rares cellules pigmentaires, tellement que Brandt, au premier examen, a cru ces animaux aveugles. Avons-nous, dit Brandt, affaire à une variété aveugle?

Un très grand nombre d'Ostracodes et de Cyclopides. De nombreuses Naïdes.

Une éponge verte du genre Spongilla existe dans la région littorale; j'ai retrouvé ses aiguillons siliceux en grand nombre dans la vase de la région profonde.

L'Hydra rubra de Lewes est aussi cantonnée dans la région littorale.

L'analogie, la ressemblance intime de cette faune avec celle de nos lacs Subalpins, est évidente. Comme dans nos lacs, il n'y a rien qui rappelle une faune reléguée.

— Dans le Tschaldyr, Brandt a trouvé au contraire une faune, qui a plutôt le caractère des faunes littorales ou des marais. Une seule espèce de Gastéropode, Limnaea ovata Drap. Une Naïade, Anodonta ponderosa Pfeif. Point de Pisidie. Gammarus pulex. Asellus. Une Cypris. Un Hydrachnide. Une Spongille blanche, Spongilla sibirica.

Cette faune très pauvre se distingue de celle de la région profonde de tous nos lacs, aussi bien que de celle du Goktschaï, entr'autres par l'existence de l'Anodonte et l'absence des Pisidies. Je n'estime pas devoir la ranger dans la catégorie de la faune profonde; quoique l'absence de plantes aquatiques, la nature vaseuse du sol et l'éloignement des

(1) Et pourtant la drague de M. Brandt, construite d'après mes indications et mes dessins, devait fonctionner comme le font mes dragues dans nos lacs.

rives la sépare nettement de ce que je connais en fait de faune littorale. Il est difficile aussi de la faire rentrer dans le même type que la faune des marais, vu la profondeur du lac, 11 m., et l'absence de plantes aquatiques. Je laisse, à ceux qui peuvent les étudier sur les lieux, de nous dire comment il faut appeler ces bassins intermédiaires entre les lacs et les marais, qui n'ont pas la région profonde des lacs, qui ont une région centrale profonde différente de celle des marais, ces soi-disant lacs qui n'ont que 5, 10 ou 12 m. de profondeur.

VI. Lac de Tibériade (Palestine).

Ce lac est situé par 32°, 45′ latitude nord, 212 m. d'altitude au-dessous du niveau de la mer. Longueur 21 km., largeur 9.5 km., profondeur 250 m. Sol formé d'une vase grisâtre, très fine, argileuse.

D'après les recherches de L. Lortet de Lyon (cxx) la faune comprend entr'autres :

Crustacés dans la région littorale: Telephusa fluviatilis et Orchestia Tiberiadis.

Mollusques: une Neritina et deux Melanopsis qui habitent la région littorale et descendent jusqu'à 50 m. de profondeur ; une Cyrena et cinq Unio qui vivent entre 50 et 100 m. de profondeur ; enfin une Melania qui ne se trouve qu'entre 100 et 250 m. de fond.

Toute cette faune est caractéristique des eaux douces du pays; d'après Lortet il n'y a aucun animal qui représente un type marin, et qui fasse croire à une faune reléguée (1). On aurait cependant pu s'y attendre, étant données l'altitude très inférieure du pays, et l'existence de terrasses horizontales que signale Lortet à la hauteur même de la nappe de la Méditerranée. Je signalerai le grand nombre d'Unios, cinq espèces, habitant les profondeurs de 50 à 100 m. c'est-à-dire la région profonde. Sous ce rapport ce lac contraste singulièrement avec nos lacs Subalpins où nous n'avons jamais trouvé une Naïade dans la région profonde.

VII. Lac Baïkal (Sibérie).

52° lat. N. 34975 km² de surface, très profond, 1373 m. (Dibowsky), le plus profond lac connu.

La faune de ce lac a été étudiée avec ardeur par un naturaliste polonais Dr. B. N. Dibowsky, exilé dans ces contrées inhospitalières. Nous connaissons les résultats de ses travaux sur trois groupes d'animaux (cxxi) :

1° Les Phoques qu'il décrit comme une espèce spéciale, Phoca baïcalensis, remarquable par sa petite taille et le développement considérable des jeunes au moment de la naissance.

2° Les Amphipodes; l'auteur fait connaître 97 espèces de Gammarides, pêchés par lui dans le lac Baïkal et ses affluents. Une seule espèce forme le genre nouveau Con-

(1) Ce qui confirme du reste cette absence de faune reléguée, et par conséquence d'anciennes relations avec la mer, c'est que, dans toutes les terrasses qui entourent le lac, la faune a le caractère des eaux douces et non des eaux marines.

stantia; l'espèce est transparente, nageuse; elle a tous les caractères des animaux pélagiques: les 96 autres espèces sont laissées par Dibowsky dans le genre Gammarus. Elles varient beaucoup en taille, les plus petites ne dépassent pas 7 m/m, les plus grandes atteignent 12 c/m. Ces Gammarides ont été trouvés à toutes les profondeurs du lac, jusqu'à 1370 m., profondeur maximale atteinte par les dragûages de Dibowsky; les grands fonds sont très peuplés, quoique le nombre des espèces soit moindre.

Les Gammarides de la surface sont vivement colorés, mais avec l'augmentation de la profondeur on voit la coloration diminuer graduellement, et les espèces qui habitent au-dessous de 700 m. offrent une coloration plus ou moins blanchâtre. Quelques variétés, provenant de profondeurs plus grandes que le type spécifique auquel elles se rattachent, se distinguent par la pâleur de leur corps et de leurs yeux, et aussi, dans certains cas, par les formes plus allongées et plus grêles de leur appendices locomoteurs.

3° Des Turbellariés, à savoir des Planaires, au nombre de dix espèces, étudiés par Gerstfeldt et E. Grube. Quelques-uns sont de taille considérable, et atteignent une longueur de 8 à 9 c/m. Ces Turbellariés proviennent de draguages faits à différentes profondeurs. Dans la plupart des espèces, Grube n'a pu constater l'existence de points oculiformes que sur quelques petits échantillons; ces organes semblent disparaître avec l'âge. Ces Planaires ont un facies marin très caractérisé.

En somme la faune profonde du lac Baïkal, beaucoup plus riche que celle des lacs Subalpins, présente d'après ce que nous en savons, les caractères d'une faune reléguée, souvenir d'anciennes relations entre la mer et ce lac extraordinairement profond.

VIII. Lac Michigan (Amérique du Nord).

Ce lac, le troisième en étendue des lacs d'eau douce de la terre, qui mesure 57000 km², est situé par 44° lat. N. Il n'a que 263 m. de profondeur, il est donc moins profond que le Léman.

Des draguages et des pêches profondes ont été exécutés en 1873 par le Dr. P. R. Hoy, de Racine (Wisconsin). Je résume les principaux faits révélés par ces explorations, en me basant sur les communications personnelles de l'auteur (IV) et sur les analyses de ses mémoires publiés par l'Académie des sciences de Wisconsin (CXXII).

Outre la faune ordinaire des poissons d'eau douce des grands lacs américains, Hoy a capturé deux espèces du genre Argyrosomus d'Agassiz, Cyprinidés dont la mâchoire inférieure est proéminente: A. Hoyi Gill, vit à 80 m. de fond; A. nigripennis Gill, ne se trouve pas à moins de 120 m. de profondeur, et il n'est abondant qu'à 140 m. Ce sont donc des espèces de poissons spéciales à la faune profonde. Un autre poisson est plus intéressant encore, c'est un Triglopsis Stimpsonii Gill, espèce voisine du Tr. Thompsoni Girard; c'est évidemment un marin émigré dans les eaux douces.

Parmi les Crustacés, Hoy a trouvé trois espèces de Gammarides, toutes trois nouvelles, et en très grande abondance, un Schizopode de type marin, Mysis diluviana Stimpson,

qui semble presque identique à la M. relicta de Lovén, ces deux formes pouvant être considérées comme des variétés de la M. oculata, vivant actuellement dans l'Atlantique du Nord. La même M. diluviana a été retrouvée depuis lors dans le lac Supérieur.

Outre cela je vois dans les listes de Hoy, un Pisidium abysomus Stimpson, espèce nouvelle, une sangsue, parasite des poissons blancs, et une petite Planaire de couleur blanche.

D'après cela, il ressort l'existence d'une faune marine reléguée dans le fond des grands lacs américains, analogue à celle des lacs de Scandinavie. Cette faune reléguée manque totalement à nos lacs de la région Subalpine,

IX. Lac Titicaca (Pérou).

Ce lac, situé à 16° de lat. S., est à une altitude très élevée, plus de 3800 m. au-dessus de la mer. Sa longueur de 220 km., sa largeur de 50 km., sa profondeur maximale 282 m.; il a été étudié aux points de vue hydrographiques et faunistiques par le Dr. Al. Agassiz, en 1876 (CXXIII).

La température du fond est très élevée, 10.6°, et diffère peu de celle de la surface, 13.5° environ.

La région littorale est couverte d'une abondante végétation de Myriophyllum et de Totora, qui descend jusqu'à 10 et 13 m. Au-delà le sol est formé d'une vase très fine, très légère et très molle, d'un noir verdâtre. L'eau contient quelques traces de sel, pas assez cependant pour en altérer la potabilité.

La faune n'est pas très riche. Les Poissons, entr'autres les Orestias, sont tous de genres appartenant aux eaux douces et possédant une vaste distribution géographique. Les Mollusques sont tous des types d'eau douce, sans rien de spécial. Les Crustacés au contraire et parmi eux plusieurs formes d'Orchestiadés sont tous d'habitus et de parentage marins.

En présence de recherches si dissemblables et souvent si incomplètes, il est difficile de faire une comparaison utile entre les faunes profondes des lacs Subalpins et celles des lacs étrangers. Voici cependant quelques traits généraux que je crois pouvoir en tirer:

1° Le Wurmsée, ou lac de Starnberg, est à tous les points de vue un lac Subalpin; je ne saurais comment le séparer des lacs que nous connaissons en Suisse.

2° Le lac Goktschaï, en Arménie, quoique creusé en territoire volcanique, semble avoir dans sa faune de très grandes ressemblances avec nos lacs Alpins. Je suis tout disposé à croire cette faune récente, et, si le lac est d'origine ancienne, ce que je ne sais pas, j'attribuerais volontiers ce caractère moderne de la faune à la destruction des faunes anciennes par l'époque glaciaire; les effets de l'envahissement glaciaire auraient donc été les mêmes dans le Caucase que dans les Alpes.

3° Le lac de Joux, dans le Jura vaudois, est en dehors du domaine Subalpin, si je limite celui-ci par l'extension des anciens glaciers des Alpes. Sa faune est remarquable entr'autres par une riche population de Bryozoaires, et par une Eponge spéciale. J'avais autrefois émis l'hypothèse que nous aurions peut-être là des restes des faunes tertiaires qui auraient survécu dans ce lac épargné par le grand envahissement des glaciers alpins; j'abandonne cette hypothèse devant l'opinion d'A. Jaccard, que le territoire du lac de Joux a dans l'époque glaciaire été envahi par un glacier propre descendant des sommets du Jura.

4° Quant aux lacs de Scandinavie, au lac Baïkal, au lac Michigan, il y a des signes évidents dans leurs faunes lacustres de restes d'anciennes faunes marines; il est très plausible d'expliquer ces animaux d'habitus étranger par la théorie des faunes reléguées.

§ XVI. Résumé et conclusion.

Nous voici arrivés au bout de notre tâche, qui consistait à exposer les études jusqu'à présent faites sur la faune profonde des lacs suisses. Résumons-nous et concluons.

Après avoir établi les conditions géographiques des lacs de la région Subalpine suisse, j'ai étudié attentivement les faits physiques de milieu qui peuvent intéresser la faune; le sujet n'ayant jamais été traité dans son ensemble, et ces conditions de milieu étant fort différentes de celles de toutes les autres régions où vivent des animaux aquatiques, j'ai dû développer assez longuement ce chapitre.

Il existe des relations importantes aux points de vue physiologiques et phylogéniques entre les faunes et les flores des eaux superficielles et la faune profonde; j'ai dû par conséquent faire un exposé des sociétés animales et végétales habitant les régions littorales et pélagiques des lacs.

Un groupe d'animaux nous a particulièrement intéressés, ce sont les Poissons qui dans leurs migrations annuelles passent successivement d'une région à l'autre. Tous les Poissons du Léman sauf deux espèces descendent temporairement dans la région profonde; aucune espèce n'est spéciale à cette région.

Ces notions préliminaires acquises, nous avons pu aborder l'étude biologique de la région profonde et des organismes qui l'habitent. J'ai décrit les méthodes de draguage et de recherche des animaux, la flore profonde, et les débris organiques enfouis dans le limon. Puis je me suis attaqué à la faune profonde elle-même. Par les circonstances spéciales de mes recherches personnelles, j'ai été conduit à développer plus particulièrement les travaux faits dans le lac Léman; j'ai énuméré très complétement la longue liste des espèces trouvées dans la région profonde de ce lac par G. du Plessis, H. Blanc et moi-même, et cela m'a servi de type de la faune profonde d'un lac subalpin. Puis l'analyse plus rapide des draguages faits dans 19 lacs suisses, savoyards et insubriens par Asper,

Imhof et moi-même, nous a donné les éléments de comparaison entre la population animale de ces divers bassins d'eau douce.

Ces travaux nous ont fait constater dans la profondeur des lacs de nombreuses espèces animales, quelques-unes fort riches en individus; le fond des lacs est très peuplé.

Ces espèces sont toutes limicoles, habitant sur ou dans le limon; aucun des types saxicoles, arénicoles, qui vivent sur ou sous les pierres, dans les graviers ou les sables, ou qui sont fixés sur les plantes aquatiques, n'est représenté dans le fond du lac (1); ce fait est la conséquence de la nature même du sol, vase molle, uniforme et sans corps étrangers.

Ces animaux sont bien établis dans les grands fonds; ils y naissent, ils s'y développent et s'y reproduisent. La preuve en est donnée par les œufs, les germes d'un grand nombre d'espèces, par les larves, embryons et jeunes de tout âge, que nous trouvons dans nos draguages.

C'est donc bien une faune profonde, bien authentique et bien caractérisée; l'étude des conditions de milieu et de leur action sur la physiologie des animaux nous montre d'ailleurs, que rien, dans ces conditions de milieu, n'est incompatible avec la vie animale.

Quelle est l'origine de cette faune? Elle est relativement moderne. L'histoire géologique de la contrée, en nous apprenant l'envahissement de toutes les vallées et plaines subalpines par les glaciers des Alpes au commencement de l'époque quaternaire, nous empêche d'aller chercher, avant cet événement historique, l'établissement dans nos lacs des ancêtres directs de nos espèces abyssicoles. Cela exclut la possibilité de trouver l'origine de notre faune profonde actuelle, ou bien dans les faunes profondes indigènes des époques tertiaires, ou bien dans des faunes marines reléguées dans des golfes transformés eux-mêmes en lacs. Cette déduction tirée des faits historiques est confirmée par l'étude des formes animales, dont aucune n'a le facies archaïque, dont aucune n'a le facies marin (2).

Nous avons trouvé une double origine à notre faune profonde. Elle vient:

1° de la faune littorale par la grande majorité des espèces qui sont identiques, ou très semblables, ou analogues aux espèces littorales du lac où nous les étudions. Descendus dans la région profonde, ces animaux s'y sont établis à diverses époques, et chaque année de nouvelles migrations, actives ou passives, viennent renouveler et rajeunir la faune profonde;

2° de la faune des eaux souterraines, deux ou trois espèces seulement, remarquables par leur cécité et leur absence de pigment. Ces espèces ont peuplé le fond des lacs par

(1) Sauf la Frédericelle qui a dû modifier ses mœurs et se transformer d'animal fixé en animal limicole.

(2) Excepté les Acanthopus, Cythéridés connus seulement dans la faune profonde du Léman, et le Plagiostoma Lemani et le Monotus Morgiensis, espèces très fréquentes dans la région profonde de tous nos lacs, et connues dans la région littorale de deux d'entr'eux.

migration active, comme elles peuplent l'eau des cavernes et des puits de tout le continent Européen.

Arrivés dans la région profonde des lacs, les animaux de ces deux faunes ont trouvé un milieu fort différent de celui auquel ils étaient habitués; région froide, sans lumière, sans mouvement, pauvre en matières alimentaires, dépourvue de végétation, région sans variations périodiques diurnes ou annuelles, milieu au calme plat au point de vue mécanique, thermique, chimique et moléculaire. Reléguées dans ce milieu, les formes animales se sont modifiées, et dans le cours des générations, elles se sont appauvries, ratatinées, rabougries, elles ont perdu taille, force et pigmentation (1). Cependant j'avoue être étonné du peu d'étendue de ces variations qui dans certaines espèces sont presque insensibles.

Ces modifications, fait d'adaptation au milieu, sont plus ou moins complètes, suivant que les individus pêchés par nous descendent d'une suite plus ou moins grande de générations, depuis le transport dans la profondeur du lac. Ceux dont la famille a émigré récemment sont presque semblables au type original; ceux dont la famille est établie dans la région profonde depuis des siècles sont modifiés autant que possible. Il en résulte que, dans la région profonde de chaque lac, chaque espèce est formée par une collection d'individus, à tous les degrés de transformation, entre la forme originale dans son intégrité et la forme profonde parfaite. C'est à trouver cette forme abyssale parfaite, et à en déterminer les caractères que doivent tendre les efforts du zoologiste. Chaque espèce animale émigrée dans la profondeur doit donc aboutir à une espèce profonde, plus ou moins différenciée morphologiquement de l'espèce originale. Il y aurait peut-être avantage à donner un nom spécifique à chaque espèce abyssale qui a atteint son maximum de différenciation.

Mais ces modifications se sont opérées dans divers lacs, dont la région profonde est absolument séparée de la région analogue des autres lacs; il n'y a plus eu de croisements ni de mélanges possibles; chaque lac est un centre de différenciation isolé et distinct. Dans chaque lac l'espèce abyssale formera donc une famille particulière propre à ce lac qui mériterait d'être désignée par un nom adjectif de variété (2). Les conditions de milieu étant très semblables dans les divers lacs, ces variétés se ressemblent fort; mais cependant l'indépendance dans la différenciation étant absolue il est probable qu'on y découvrirait certains caractères distinctifs de l'une à l'autre (3).

Cette manière de comprendre et d'interpréter la notion de l'espèce et des variétés (4), qui se base sur l'application des faits généalogiques et phylogéniques, doit être plus juste

(1) La tendance vers la cécité est indiquée, mais n'est pas absolument démontrée.

(2) Soit M. le nom de genre; M. abyssicola, var. Lemani dans le lac Léman, var. Neocomiensis, dans le lac de Neuchâtel, var. Turiciensis dans le lac de Zurich, etc.

(3) Nous avons constaté, chez les Asellus et les Pisidiums entr'autres, des faits qui justifient cette interprétation.

(4) Voir la note (2) pag. 181.

que celle qui ne s'occupe uniquement que des caractères morphologiques; malheureusement elle n'est pas partout d'une application aussi facile que dans l'étude qui nous occupe.

Un mot pour terminer sur l'esprit qui a présidé à mes études de la faune profonde. Lorsque pour la première fois j'ai entrevu cette société animale qui peuple une région éloignée de tout ce que nous connaissons à la surface de la terre (1), j'ai été surtout frappé, par ce qu'elle offrait d'étrange et je me suis attendu aux découvertes les plus nouvelles. Et en réalité les faits que j'ai rencontrés étaient fort étonnants. Dans le fond du Léman je pêchais des Crustacés aveugles, Asellus, Niphargus, des Turbellariés inconnus et de types très anormaux, Vortex Lemani, Mesostomum Morgiense, des Limnées, Gastéropodes pulmonés condamnés à la respiration aquatique, des larves de Diptères, insectes aëriens qui ne pouvaient accomplir le cycle de leurs métamorphoses; dans des profondeurs froides et obscures, je trouvais une nombreuse population animale, et je ne voyais pas une plante qui pût lui fournir l'oxygène nécessaire à sa respiration; dans ce milieu pauvre et sans mouvement, je voyais pulluler une foule d'organismes qui devaient bientôt épuiser la nourriture contenue dans les eaux. Tout était étrange et nouveau, tout semblait anormal à mes yeux habitués à d'autres conditions.

Mais l'étude, soit du milieu, soit des animaux eux-mêmes, a bientôt tout expliqué, et éclairé tous les problèmes. Les espèces les plus aberrantes, nous les avons, les unes après les autres, découvertes dans la région littorale; les espèces aveugles ont trouvé des parents dans la faune des eaux souterraines; la respiration aquatique des Limnées s'est montrée presque normale dans les eaux superficielles; nos larves de Diptères se reproduisent probablement par pédogénèse; et quant à l'alimentation et à la respiration de la faune pro-

---

(1) Cette région profonde des eaux est bien parmi les plus lointaines de celles qui s'offrent à l'homme, sur la terre. L'homme monte sur les sommets les plus inaccessibles des montagnes; il traverse les océans et les solitudes des déserts; les régions polaires seront un jour domptées par lui, et ses aérostats sont montés jusque dans dans les couches les plus élevées de l'atmosphère. Mais l'homme ne descendra jamais vivant jusqu'au fond des lacs et des mers; cinq ou six atmosphères de pression, 50 ou 60 m. de profondeur d'eau, telle est la limite infranchissable à ses cloches à plongeurs, et à ses scaphandres.

Il est vrai qu'il sait allonger ses membres, et qu'à l'aide d'un fil de sonde, il apprend à porter des thermomètres, des bouteilles à eau, des appareils photographiques, des filets et des dragues, jusqu'aux plus grands fonds des océans. Si sa vision est arrêtée par quelques mètres d'épaisseur d'eau, son esprit sait aller lire dans ces régions obscures qui lui sont aujourd'hui presqu'aussi bien connues que quelque autre partie de la terre que ce soit. Mais encore une fois, il n'y est pas allé de sa personne, et il n'y ira jamais. C'est donc pour lui une terre lointaine et par conséquent mystérieuse.

fonde, nous en avons vu les matériaux s'élaborer dans les régions littorales et pélagiques, par la vie même des faunes et des flores qui y foisonnent. C'est ainsi que toutes les étrangetés et les anomalies qui nous avaient étonnés d'abord se sont résolues de la manière la plus simple; tous les faits qui nous arrêtaient sont rentrés dans la norme. Le grand plan de la nature s'est montré à nous aussi puissant qu'il est partout, pour profiter très habilement des conditions de milieu les plus aberrantes et les plus chétives, et pour faire multiplier la vie dans des régions qui semblaient vouées à la mort.

D'autres regretteront peut-être les choses extraordinaires qu'ils croyaient rencontrer dans ces contrées en dehors de l'ordinaire. Pour moi qui ai eu le bonheur intense de pénétrer pour la première fois dans ces régions nouvelles, qui ai dû m'expliquer les uns après les autres les mystères qui se déroulaient à mon observation, j'admire et je jouis surtout de ces harmonies et de cette simplicité.

La nature est grande et belle, parce qu'elle est harmonieuse en tout et partout.

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES.

I P.-E. Müller. Note sur les Cladocères des grands lacs de la Suisse. Arch. de Genève[1] XXXVII 317. 1870.

II F.-A. Forel. La faune pélagique des lacs d'eau douce. ibid. VIII 230. 1882.

III A. Jaccard. Sur les changements du régime des sources dans le Jura Neuchâtelois. Bull. soc. sc. nat. Neuchâtel XIII 11, 1883.

IV Communication personnelle, adressée directement à l'auteur.

V F.-A. Forel. Les rides de fond, étudiées dans le lac Léman. Arch. de Genève X 39. 1883.

VI Les Ténevières des lacs Suisses. ibid. I 430. 1879.

VII H. Chatelanat. Bull. soc. vaud. sc. nat. XVI 533. Lausanne 1879. F.-A. Forel, ibid. 510.

VIII F.-A. Forel. Températures lacustres. Recherches sur la température du lac Léman et d'autres lacs d'eau douce. Arch. de Genève III 501 et IV 89. 1880.

IX E. Plantamour. Nouvelles études sur le climat de Genève. Genève 1876.

X F.-A. Forel. Congélation des lacs suisses et savoyards. Echo des Alpes XVIe année p. 94 et 149. Genève 1880.

XI John Le Conte. Physic. studies of lake Tahoe. Overl. monthly II 506. 595. III 41. 1883. 1884.

XII A. Secchi. Esperienze per determinare la trasparenza del mare; in Cialdi, sul moto ondoso del mare, p. 258 sq. Roma 1866.

XIII Bibliothèque de Genève 284 N.D. N° 178.

XIV Annales de chimie et physique XXIII 40. Paris 1848.

XV H.-J. Gosse. Rapport sur les eaux de l'Arve p. 23. Genève 1881.

XVI Communiquée par le prof. Ch. Marignac de Genève.

XVII Bull. soc. vaud. sc. nat. XII 175. Lausanne 1873.

XVIII Arch. de Genève LXII 220. I 191. 1878 et 1879.

XIX Cité par le journal La Tribune de Genève, 7 mars 1884.

XX Journal Le Genevois. 19 mars 1884.

XXI W. Weith. Chemische Untersuch. schweiz. Gewässer, mit Rücksicht auf deren Fauna. Vierteljahrschrift der nat. Gesellsch. XXV 129. Zürich 1880.

XXII F.-A. Forel. Les taches d'huile du lac Léman. Bull. soc. vaud. sc. nat. XI 148. Lausanne 1873.

XXIII — Thèses de géographie physique. ibid. X 468. 1870.

XXIV Topographischer Atlas der Schweiz, im Maassstabe der Original-Aufnahmen (Atlas Siegfried).

XXV D'après mes propres sondages.

XXVI H.-T. de la Bèche. Sur la profondeur et la température du lac de Genève. Bibl. univ. Sc. et Arts. XII 118. Genève 1817.

XXVII Le lac de Genève, levé par E. Pictet. Genève 1877. — E. Pictet. Note sur la carte du lac de Genève. Arch. de Genève LII 15. 1875.

XXVIII F.-A. Forel. Carte hydrographique du lac Léman. Arch de Genève LII 5. 1875.

[1] Pour abréger, je désignerai sous le titre d'Archives de Genève, les Archives des sciences physiques et naturelles, publiées à Genève.

XXIX H. de Pourtalès-Gorgier et A. Guyot. Carte du fond des lacs de Neuchâtel et de Morat. Neuchâtel 1845.
XXX A. Heim. Die Erosion im Gebiete der Reuss. Jahrbuch des S.-A.-C. XIV 372. Bern 1879.
XXXI G. Asper. Beiträge zur Kenntniss der Tiefenfauna der Schweizerseen. Zool. Anzeiger III 130 u. 200. Leipzig 1880.
XXXII D'après la carte topographique cantonale.
XXXIII D'après la carte wurtembergeoise, sondages du major A. Gasser.
XXXIV Carte hydrographique du Dr. L. Lavizzari. 1859.
XXXV Carte hydrographique par G. Casella et B. Bernasconi. 1866.
XXXVI Communiqué par le prof. A. Heim, de Zurich.
XXXVII G. Asper. Die pelagische Fauna und Tiefseefauna der Schweiz. Katalog der schw. Abth. in der Fischerei-Ausstellung zu Berlin. Leipz. 1880, p. 127.
XXXVIII F.-A. Forel. Les échantillons de limon dragués en 1879 dans les lacs d'Arménie. Bull. Acad. imp. des sc. St-Petersbourg X 743. 13/25 mai 1880.
XXXIX Th. Fuchs. Was haben wir unter der Tiefenfauna zu verstehen? Verhandl. der k. k. geol. Reichsanstalt. Wien 1882.
XL Voyez: F.-A. Forel et C. Vogt. Actes soc. helv. sc. nat. Berne p. 128. 1878.
XLI J. Müller. Les Characées genevoises. Genève, 1881.
XLII J. Brun. Les Diatomées des Alpes et du Jura des environs de Genève. Genève 1880.
XLIII G. Lunel. Histoire naturelle des poissons du bassin du Léman. Genève 1874.
XLIV S. Clessin. Beiträge zur Mollusken-Fauna der oberbayerischen Seen. Corresp.-Blatt des zool. min. Vereins, Regensburg 1873.
XLV — Die Mollusken der Tiefenfauna unserer Alpenseen. Malakozool. Blätter XXIV 162. Cassel 1878.
XLVI Th. Maggi. Esame protistologico dell' acque di alcuni laghi ital. Boll. scient. II 35. Pavia 1880.
XLVII Giac. Cattaneo. Sui Protisti del lago di Como. ibid. III 111. 1882.
XLVIII J.-B. Schnetzler. Observ. microsc. sur le phénomène de la fleur du lac Léman. Bull. soc. vaud. sc. nat. IV. 162. Lausanne 1854.
XLIX J. Brun. Eau rouge du lac de Neuchâtel. Arch. de Genève III 337. 1880.
L A.-P. de Candolle. Matière qui a coloré en rouge l'eau du lac de Morat, au printemps de 1825. Mém. soc. phys. III 2, 30. Genève 1825.
LI O.-E. Imhof. Pelag. Fauna und Tiefseefauna der Savoyerseen. Zool. Anz. VI 655. Leipzig 1883.
LII — Faune pélagique des lacs Suisses. Soc. helv. sc. nat. 8 août 1883. Arch. de Genève X 349. 1883.
LIII — Studien z. Kenntniss d. pelag. Fauna d. Schweizer Seen. Zool. Anz. VI 466. Leipzig 1883.
LIV — Resultate meiner Studien üb. d. pelagische Fauna kleiner und grösserer Süsswasserbecken d Schweiz. Leipzig 1884.
LV G. Asper. Wenig bekannte Gesellschaften kleiner Thiere. Zürich 1880.
LVI P. Pavesi Dalle mie annotazioni zoologic. Rendic. R. Ist. Lomb. II. XIV 18-19. 9 dec. 1881.
LVII F.-A. Forel. Draguages zoolog. et sondages thermométriques dans les lacs de Savoie. Acad. sc. Paris 15 oct. 1883. — Rev. savoisienne XXIV 87. Annecy 1883.
LVIII — Etudes zoolog. dans les lacs de Savoie. ibid. XXV 1. 1884.
LIX P. Pavesi. Nuova serie di ricerche della fauna pelagica nei laghi italiani. Rendic. R. ist. Lombardo. II. XII. XI—XII.
LX — Intorno all' esistenza d. fauna pelagica anche in Italia. Boll. entomol. IX. 1877.
LXI — Ulteriori studj sulla fauna pelagica dei laghi italiani. Rendic. R. ist. Lombardo II. XII. XVI.
LXII — Altra serie di ricerche e studj sulla fauna pelagica dei laghi italiani. Padova 1883.
LXIII A. Weismann. Beiträge z. Naturgeschichte d. Daphniden. Zeitschr. f. wiss. Zool. 1874—1879.
LXIV — Das Thierleben im Bodensee. Lindau 1877.

LXV A. Lutz. Die Cladoceren d. Umgebung v. Bern. Mitth. der naturf. Gesellsch. in Bern. 1878 p. 38.
LXVI Th. Maggi. Sull' analisi protistologica delle acque potabili. Boll. sc. III 121. Pavia 1882.
LXVII Rapport de la commission d'experts des forces motrices de la Reuse p. 65. Neuchâtel 1883.
LXVIII Schweiz. pol. Zeitschr. 1851.
LXIX Communiqué par le prof. A. Heim, de Zurich.
LXX Communiqué par M. L. Leiner de Constance.
LXXI G. Haller. Die Hydrachniden der Schweiz. Mitth. naturf. Gesellsch. Bern. 1882.
LXXII F. Könike. Revision von H. Lebert's Hydrachniden. Zeitschr. f. wiss. Zool. XXXV 613. 1881.
LXXIII A. Favre. Soc. géol. de France. Arch. de Genève LIV 149. 1875.
LXXIV P. Bert. La pression barométrique. Paris 1878.
LXXV Résumé d'Ed. Claparède. Arch. de Genève XXXV 321. 1869.
LXXVI F.-A. Forel. Introduction à l'étude de la faune profonde du lac Léman. Bull. soc. vaud. sc. nat. X 217. Lausanne 1869.
LXXVII — Matériaux pour servir à l'étude de la faune profonde du lac Léman. Séries I—VI, ibid. XIII—XVI. 1874—1879. — (Voir la table des matières détaillée à la suite de ces notes.)
LXXVIII — Faune profonde du lac Léman. Actes soc. helv. sc. nat. Schaffhouse 18 août 1873 p. 136. Schaffhouse 1874.
LXXIX — Faune profonde du lac Léman IIe discours. ibid. Coire, 12 sept. 1874 p. 129. Chur 1875.
LXXX — Deutsche naturf. Gesellschaft. München 19. Sept. 1877. Amtl. Bericht p. 170.
LXXXI — Faunistische Studien in den Süsswasserseen der Schweiz. Zeitschr. f. wiss. Zool. Suppl. Band XXX 383. Leipzig 1878.
LXXXII — Les faunes lacustres de la région subalpine. Assoc. française pour l'avancement de la science. Congrès de Montpellier. 29 août 1879 p. 744. Paris 1880.
LXXXIII Ph. de Rougemont. Etude de la faune des eaux privées de lumière, Paris, — Neuchâtel 1876.
LXXXIV G. Joseph. Erfahrungen im wiss. Sammeln der den Krainer Tropfsteingrotten eigenen Arthropoden. Berliner entomolog. Zeitschr. XXV. II 1881. XXVI. I 1882.
LXXXV — Zur geograph. Verbreitung von Niphargus puteanus Koch. Zool. Anz. II 380. 1879.
LXXXVI Bridel. Essai sur le lac Léman. Conservateur suisse V 41. Lausanne 1814.
LXXXVII Arch. de Genève VIII 265. 1882.
LXXXVIII Voir l'étude de M. Aloïs Humbert. Arch. de Genève XLII 190. 1871.
LXXXIX K. Möbius. Woher kommt die Nahrung für die Tiefseethiere? Zeitschr. f. wiss. Zool. XXI 294.
XC Wyville Thomson. The Challenger expedition. Nature XIV 492. London 1876.
XCI O. v. Grimm. Ungeschlechtliche Fortpflanzung einer Chironomus-Art. Mém. Acad. imp. St-Petersbourg, XV n° 8, 1870.
XCII A. Pauly. Ueber die Wasserathmung der Limnäiden. München 1877.
XCIII H. Suter-Næf. Notizen über die Tiefsee-Molluskenfauna einiger Schweizerseen. Zool. Anz. III 208. 1880.
XCIV Ed. Bugnion. Notes sur les globules sanguins de Mermis aquatilis. Actes soc. helv. Sc. nat. Bex 247, 1877.
XCV F.-A. Forel. Contributions à l'étude de la limnimétrie du lac Léman. Bull. soc. vaud. sc nat. XV 313. Lausanne 1879.
XCVI Fischer-Ooster et C. Brunner. Recherches sur la température du lac de Thoune. Arch. de Genève XII 20. 1849.
XCVII Biblioth. universelle XLI 184. Genève 1842.
XCVIII Report on the rate of increase of underground temperature. British Assoc. LII meeting. Southampton 1882, p. 74, London 1883.
XCIX F.-A. Forel. Etude sur les variations de la transparence des eaux du lac Léman. Arch. de Genève LIX 139. 1877.

C Actes soc. helv. sc. nat. Aarau, p. 96—Arch. de Genève VI 318. 1881.
CI Arch. de Genève LXII 220. I 191. 1878 et 1879.
CII ibid. VII 144. 1882.
CIII Journal de Genève. 30 mai 1882.
CIV ibid. 1 juin 1882.
CV Journal Le Genevois. 19 mars 1884.
CVI Wyville Thomson. The atlantic. I 279. London 1877.
CVII A.-F. Marion. Faunes du bassin méditerr. Ann. Mus. hist. nat. Marseille, I 14. Marseille 1883.
CVIII Ed. Grube. Bericht der naturwiss. Section der Schles. Gesellsch. Jahrg. 1878. Breslau 1879.
CIX ibid. 1879. 1880.
CX Bull. soc. vaud. sc. nat. XV. P.-V. p. 76. Lausanne 1878.
CXI G. du Plessis. Sur l'origine et la répartition des Turbellariés de la faune profonde du Léman. Actes soc. helv. sc. nat. Bex 233. 1877.
CXII L. v. Graff. Monographie der Turbellarier. I. Rhabdocoela. Leipzig 1882.
CXIII C.-Th. v. Siebold. Ueber den Kilch des Bodensees. Zeitschr. f. wiss. Zool. IX 295. 1858.
CXIV F.-A. Forel. Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Najaden. Würzburg 1866.
CXV M. Braun. Ueber die postembryonale Entwicklung unserer Süsswassermuscheln. Würzburg physik.-medic. Gesellsch. 4. Mai 1878.
CXVI C. Semper. Ueber die Wachsthumsbedingungen des Lymnaeus stagnalis. Ibid. Verhandlungen. N. F. IV.
CXVII Voir l'analyse des travaux de Sars par Ed. Claparède. Arch. de Genève, XXI 84. 1864.
CXVIII E. v. Martens. Reste einer frühern Meeresfauna in Süsswasserseen. Naturforscher II 163. Berlin 1869.
CXIX A. Brandt. Von den armenischen Alpenseen. Zoolog. Anzeiger II 522. III 111. 1879 et 1880.
CXX L. Lortet. Poissons et reptiles du lac de Tibériade. Arch. Museum hist. nat. Lyon. III 1883.
CXXI Voir les récensions d'Al. Humbert. Arch. de Genève XLVIII 89, LI 372. 1872 et 1873.
CXXII La Nature, II I 186. Paris 1873.
CXXIII Al. Agassiz. Hydrographical sketsch of lake Titicaca. Proc. of americ. Acad. of arts and sc. Vol. XI n° XXIV 283. 1876.
CXXIV Bull. Mus. comp. Zoology, Harvard college III, n° 11.
CXXV S. Clessin. Deutsche Excursions-Molluskenfauna. Nürnberg 1876.
CXXVI P. Kramer. Neue Acariden. Wiegmann's Arch. XLV, I 7. Berlin 1879.
CXXVII W. Spring. La couleur des eaux. Revue scientific XXXI 161. Paris 1883.
CXXVIII J.-L. Soret. Sur la couleur des eaux. Arch. de Genève XI 276. 1884.
CXXIX P. Pavesi. Brani biologici, etc. R. ist. lombardo. Adun. 6 Marzo 1884. R. C. II XVII VI.
CXXX H. v. Ihering. Die Thierwelt der Alpenseen, etc. Nord und Süd. X 29.
CXXXI Archives de Genève XI 538. 1884.
CXXXII ibid. pag. 543.
CXXXIII A. Brot. Les Naïades. Assoc. zool. Léman. Genève 1867.
CXXXIV J. Murray and Renard. Deep-see deposits. Nature XXX 86. London 1884.
CXXXV Voyez la note de C. Vogt. Actes soc. helv. sc. nat. Aarau 1881. p. 94.
CXXXVI R. Billwiller. Die Kälteperiode im Winter 1879—80. Schweiz. meteor. Beob. XV, p. XI.
CXXXVII C. Marignac. Proportion de matière organique contenue dans l'eau du Rhône. Genève 1884.
CXXXVIII H. Fol et P.-L. Dunant. Nombre des germes vivants des eaux de Genève. Mém. soc. phys. XXIX n° 3. Genève 1884.
CXXXIX H. Blanc. Soc. vaud. sc. nat. Séance 21 juin 1884.
CXL Comptes-rendus acad. sc. Paris. XCIX 783. 10 nov. 1884.

CXLI J. Brun. Végétations pélagiques du lac de Genève. 3e bull. soc. bot. Genève. 17 juin 1884.
CXLII H. Blanc. Note sur le Ceratium hirundinella. Bull. soc. vaud. sc. nat. XX 305. Laus. 1884.
CXLIII G. Asper. Répartition de la faune pélagique dans les diverses profondeurs de l'eau. Soc. helv. sc. nat. Zurich 1884. Arch. de Genève XII 441. 1884.
CXLIV O.-E. Imhof. Flagellés du genre Dinobryon, membres de la faune pélagique. Ibid. p. 442.
CXLV A. Weismann. Die Entstehung der cyclischen Fortpflanzung bei den Daphniden. Loc. cit. (LXIII) VII Abtheilung 327. 1879.
CXLVI Soc. helv. sc. nat. Lucerne 1884. Arch. de Genève XII 489. 1884.
CXLVII ibid. XII, 158. 1884.
CXLVIII H. Wild. Die Lichtabsorption der Luft. Poggendorffs Ann. CXXXIV 582. Berlin 1858.
CXLIX O.-E. Imhof. Weitere Mittheilungen über die pelag. und Tiefseefauna der Süsswasserbecken. Zool. Anzeiger VIII 160. 1885.
CL G. Haller. Beiträge zur Kenntniss der schweiz. Milbenfauna. Vierteljahrsschr. der Zürcher Naturf. Gesellschaft. 1885.
CLI F. Zschokke. Vers parasites des poissons d'eau douce. Thèses de Genève. Gand, 1884.
CLII O. Zacharias. Ein Monotus des süssen Wassers. Zool. Anzeig. n° 183. 1883.
CLIII — Fauna des grossen und kleinen Teiches im Riesengebirge. Zeitschr. für wissensch. Zoologie XLI 483. Leipzig 1885.
CLIV G. du Plessis. Notice sur les Monotidés d'eau douce. Zool. Anzeig. VIII 291. 1885.

F.-A. Forel. *Matériaux pour servir à l'étude de la faune profonde du lac Léman.* Bull. soc. vaud. sc. nat. — Librairie Rouge à Lausanne.

Ire série. Bull. XIII, p. 1—164. pl. I—III. 1874.

	Avant-propos	F.-A. Forel.
§ I	Topographie du Léman	id.
§ II	Nature du fond	id.
§ III	Limon du fond du lac	E. Risler et J. Walter.
§ IV	Méthode de draguage	Forel.
§ V	Recherche des animaux	id.
§ VI	Conditions de milieu	id.
§ VII	Recherches photographiques, transparence de l'eau	id.
§ VIII	Migrations des Poissons	H. Chatelanat.
§ IX	Sondages thermométriques	Forel.
§ X	Esquisse de la faune profonde	Forel et G. du Plessis.
§ XI	Aperçus de géographie zoologique	Forel.
§ XII	Larves d'Insectes	D. Monnier.
§ XIII	Hydrachnides (Pl. I et II)	H. Lebert.
§ XIV	Entomostracés	H. Vernet.
§ XV	Mollusques	A. Brot.
§ XVI	Turbellariés (Pl. III)	G. du Plessis.
§ XVII	Algues	J.-B. Schnetzler.
§ XVIII	Diatomées	J. Kübler.
§ XIX	Feutre organique	Forel, C. Vogt, Schnetzler.
§ XX	Pisidiums	S. Clessin.
§ XXI	Liste provisoire des espèces	Forel.
§ XXII	Draguages dans quelques lacs suisses	id.

IIe série. Bull. XIV, pag. 97—166. 1875.

	Avant-propos	F.-A. Forel.
§ XXIII	Topographie du Léman	id.
§ XXIV	Cailloux renfermés dans le limon	id.
§ XXV	Analyse chimique du limon	Risler et Walter.
§ XXVI	Appareils pour l'exploration du lac	Forel.
§ XXVII	Conditions de milieu	id.
§ XXVIII	Transparence de l'eau du lac	id.
§ XXIX	Analyse chimique de l'eau du Léman	R. Brandenburg.
§ XXX	Physiologie de la respiration dans les grandes profondeurs	Forel.

IIIe série. Bull. XIV, pag. 201—364. Pl. II bis à VII. 1876.

§ XXXI	Esquisse de la faune littorale	Forel.
§ XXXII	Faune pélagique	id
§ XXXIII	Flore pélagique	id.
§ XXXIV	Esquisse de la faune profonde	id.
§ XXXV	Pisidiums (Pl. III bis)	S. Clessin.
§ XXXVI	Position systématique du Vortex Lemani (Pl. IV)	L. Graff.
§ XXXVII	Vortex Lemani	G. du Plessis.
§ XXXVIII	Mesostomum Morgiense (Pl. V)	id.
§ XXXIX	Niphargus puteanus, var. Forelii (Pl. VI et VII)	A. Humbert.

IVe série. Bull. XV, pag. 497—535. Pl. VIII et IX. 1878.

	Avant-propos.	Forel.
§ XL	Hydrachnides de la faune profonde	H. Lebert.
§ XLI	Acanthopus, genre d'Ostracodes (Pl. VIII et IX)	H. Vernet.
§ XLII	Entomostracés. Moina bathycolla.	id.

Ve série. Bull. XVI, pag. 149—169. 1879.

§ XLIII	Analyse chimique du limon	A. Hochreutiner.
§ XLIV	Analyse chimique de l'eau profonde	R. Brandenbourg.
§ XLV	Turbellariés de la région profonde	G. du Plessis.
§ XLVI	Infusoires hétérotriques	id.
§ XLVII	Rhizopodes du limon	id.
§ XLVIII	Parasites des Poissons du Léman	G. Lunel.

VIe série. Bull. XVI, pag. 313—394. Pl. X—XII. 1879.

	Avant-propos	Forel.
§ XLIX	Hydrachnides du Léman (Pl. X et XI)	H. Lebert.
§ L	Asellus Forelii (Pl. XII).	H. Blanc.

361 F

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 00719 4723